4CNCC

Ambiente

IDEAM

Inventario Nacional de Emisiones y Absorciones Atmosféricas de Colombia

Gases de efecto invernadero, Contaminantes criterio y carbono negro (1990-2024)

Segundo Informe Bienal de Transparencia y Cuarta Comunicación Nacional sobre Cambio Climático de Colombia



Agradecimientos

Gobierno de Colombia

DNP

Ambiente

IDEAM

Con el apoyo de

Transparencia Climática Colombia

SOMOS CLIMA

gef

Fundación Natura Colombia

PNUD

GIC-LAC

Alianza Bioversity & CIAT

Climate Smart Agriculture Initiative New Zealand

CGIAR CLIMATE ACTION

CGIAR SCALING FOR IMPACT

Inventario Nacional de Emisiones y Absorciones Atmosféricas de Colombia
Gases de Efecto Invernadero, Contaminantes Criterio y Carbono Negro (1990-2024)

REPÚBLICA DE COLOMBIA

Gustavo Francisco Petro Urrego
Presidente de la República

Francia Elena Márquez Mina
Vicepresidenta de la República

MINISTERIO DE RELACIONES EXTERIORES

Rosa Yolanda Villavicencio Mapy
Ministra de Relaciones Exteriores

Mauricio Jaramillo Jassir
Viceministro de Asuntos Multilaterales

Diana Patricia Mejía Molina
Directora de Asuntos Económicos, Sociales y Ambientales

Ana María Rivero Santos
GIT de Asuntos Ambientales

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE

Irene Vélez Torres
Ministra(e) de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Edith Bastidas Calderón
Viceministra de Políticas y Normalización Ambiental

Luz Dary Carmona Moreno
Viceministra (e) de Ordenamiento Ambiental del Territorio

María Fernanda Torres Penagos
Directora de Cambio Climático y Gestión de Riesgo

Mauricio Galván Gómez
Coordinador del Grupo de Mitigación - DCCGR

Luis Alberto Guerra Vargas
Coordinador del Grupo de Adaptación - DCCGR

Zoraida Piedrahíta Calle
Coordinadora del Grupo de Gestión Integral del Riesgo - DCCGR

Juan Pablo Benavides Peña
Líder de Estrategias Climáticas NDC y E2050

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES - IDEAM

Ghisliane Echeverry Prieto
Directora general

Elizabeth Patiño Correa
Subdirectora de Estudios Ambientales

Leonardo Alfredo Pineda Pardo
Coordinador del Grupo de Cambio Global

Andrés Felipe Tapiero Ríos
Profesional del Grupo de Comunicaciones y Prensa

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN - DNP

Natalia Irene Molina Posso
Directora General

Javier Pava Sánchez
Director de Desarrollo Ambiental Sostenible

Rovitzon Ortiz Olaya
Subdirector General de Prospectiva y Desarrollo Nacional

Claudia Liliana Merchán Fajardo

Subdirectora de Cambio Climático y Gestión de Riesgos

Martha Cecilia García Buitrago
Subdirectora General de Inversiones, Seguimiento y Evaluación

David Santamaria Tobar
Director de Seguimiento y Evaluación de Políticas Públicas

Mariana Arango Cadavid
Subdirectora de Seguimiento

PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO - PNUD

Claudio Tomasi
Representante residente

Carla Zacapa Zelaya
Representante Residente Adjunta

Jimena Puyana
Gerente de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Catalina Quintero
Analista Jefe en Cambio Climático

Ana María Pulido
Analista en Cambio Climático

Daniela Miranda
Profesional en Comunicación Ambiental

FUNDACIÓN NATURA
Clara Ligia Solano
Directora ejecutiva
Claudia Lorena Franco
Subdirectora cambio climático
Nancy Vargas Tovar
Subdirectora región caribe
Sandra Galán

Subdirectora de gobernanza, territorios étnicos y áreas conservadas
Claudia Cespedes
Subdirectora de restauración y compensaciones
Eliana Garzón
Jefe de Comunicaciones

Proyecto 1BTR, 4NC+2BTR (Ideam - PNUD - Fundación Natura)

Leonardo Alfredo Pineda Pardo
Coordinador
Juan Camilo Molina Betancur
Profesional de Enlace Técnico
Yina Viviana Sora Sánchez
Profesional Administrativa y Financiera
Stefany García Téllez
Profesional de Comunicaciones
Daniela Alzate Ferez
Diseñadora gráfica

Proyecto GEF-CBIT "Transparencia Climática Colombia" (Ideam - PNUD - Fundación Natura)
Laura María Aranguren Niño
Coordinadora
Carol Samanta Narvaéz Blanco
Profesional enlace técnico
Natalia Andrea Garzón Vargas
Profesional Monitoreo y Evaluación
Yina Viviana Sora Sánchez
Profesional administrativa y financiera

AUTORES (Por orden alfabético)
Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – Ideam

Elizabeth Patiño Correa	ORCID - ID: 0000-0002-4706-6408
Héctor William Moreno Quitían	ORCID - ID: 0009-0008-4790-8995
Leonardo Alfredo Pineda Pardo	ORCID - ID: 0000-0001-6645-6615
Maria Cecilia Cardona Ruiz	ORCID - ID: 0009-0006-1868-1846

Proyecto 1BTR, 4NC+2BTR (Ideam - PNUD - Fundación Natura)

Daniela María Bernal Escobar	ORCID - ID: 0000-0002-9886-248X
Derly Johana Londoño Hernández	ORCID – ID: 0000-0002-8733-5852
Diana Carolina Avella Ostos	ORCID – ID: 0009-0009-1045-1474
Jhonatan Andrés Arias Zapata	ORCID – ID: 0009-0004-7132-3285
Juan Pablo Castaño Correa	ORCID – ID: 0009-0009-3728-5023
Karen Ballesteros González	ORCID – ID: 0000-0003-2990-1024
Manuel Camilo Valencia Molina	ORCID – ID: 0000-0003-2324-8132
Sergio Andrés Garcés Jiménez	ORCID - ID: 0000-0002-1770-2135
Wendi Yurani Garzón Herrera	ORCID – ID: 0009-0009-1599-5403

Proyecto GEF CBIT "Transparencia Climática Colombia" (Ideam - PNUD - Fundación Natura)

Laura María Aranguren Niño	ORCID - ID: 0009-0003-8432-6824

REVISORES DE PRIMERA PARTE
Departamento Nacional de Planeación
Camilo Álvarez-Espinosa

COORDINACIÓN TÉCNICA

Daniela María Bernal Escobar
Elizabeth Patiño Correa
Laura María Aranguren Niño
Leonardo Alfredo Pineda Pardo
Sergio Andrés Garcés Jiménez

DISEÑO CARÁTULA

Daniela Alzate Ferez

Este documento se enmarca dentro de las líneas de investigación del Grupo de Investigación en Sistemas Ambientales del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - Ideam.

NOTA: el presente documento corresponde a la versión final presentada ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, como respuesta al compromiso de Colombia con el Acuerdo de París.

Cítese como:

Ideam, Minambiente, DNP, Cancillería, PNUD, Fundación Natura. (2026). *Inventario Nacional de Emisiones y Absorciones Atmosféricas de Colombia. Gases de Efecto Invernadero, Contaminantes Criterio y Carbono Negro (1990-2024).*

ISBN (digital): 978-958-5489-66-0

DOI: 10.5281/zenodo.23510069

Agosto de 2026. Bogotá, D.C., Colombia.



© Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-Ideam.

Calle 25 D No. 96 B -70. Bogotá, D.C.

TABLA DE CONTENIDO

ABREVIATURAS, ACRÓNIMOS Y SIGLAS *29*
INTRODUCCIÓN *34*
RESUMEN EJECUTIVO *35*
1.1 Información de contexto de los inventarios de emisiones atmosféricas y cambio climático 35
1.2 Resumen general de la tendencia de las emisiones y absorciones atmosféricas nacionales 35
1.3 Panorama general de las emisiones y absorciones atmosféricas subnacionales 37
1.4 Análisis de categorías principales en el inventario de emisiones y absorciones atmosféricas nacionales 39
1.5 Análisis de incertidumbre en el inventario de emisiones y absorciones atmosféricas nacionales 39
1.6 Mejoras introducidas en el inventario de emisiones y absorciones atmosféricas nacionales 39
1 CIRCUNSTANCIAS NACIONALES, ARREGLOS INTERINSTITUCIONALES E INFORMACIÓN TRANSVERSAL *41*
1.1 Información general sobre inventarios de emisiones y absorciones atmosféricas y el cambio climático 42
1.1.1 Inventarios nacionales de emisiones y absorciones atmosféricas 43
1.2 Descripción de las circunstancias nacionales y arreglos interinstitucionales 43
1.2.1 Entidad nacional o punto focal nacional 43
1.2.2 Proceso de elaboración del inventario 44
1.2.3 Archivo de la información 46
1.2.4 Proceso para la revisión y la aprobación oficial del inventario 47
1.3 Descripción de las metodologías, métodos y fuentes de información 47
1.4 Descripción de las categorías principales 49
1.5 Descripción del plan de AC/CC y su aplicación 55
1.6 Evaluación general de la incertidumbre 57
1.6.1 Resultados de la evaluación de incertidumbre por sector IPCC: 65
1.7 Evaluación general de la exhaustividad 70
1.7.1 Información sobre la exhaustividad 70
1.7.2 Descripción de las categorías insignificantes 71
1.7.3 Total nacional agregado de las categorías insignificantes 71
1.7.4 Fuentes reportadas como incluidas en otro lugar (IE) o no estimadas (NE) en las CRT 71
1.7.5 Avances en la implementación del plan de mejora del reporte anterior (BTR1) 93
1.8 Sistemas de medición 95
1.9 Resumen de flexibilidades aplicadas 95
1.10 Resultados de los pilotos de enfoque de género en el SINGEI 95
1.10.1 Metodología usada: 95
1.10.2 Principales resultados: 96
1.10.3 Mensajes clave: 98
1.10.4 Recomendaciones: 98
2 TENDENCIA DE LAS EMISIONES Y ABSORCIONES ATMOSFÉRICAS *99*
2.1 Descripción de la tendencia agregada de las emisiones y absorciones atmosféricas 100
2.2 Descripción de la tendencia agregada de las emisiones y absorciones atmosféricas por sector y por contaminante 104
2.2.1 Descripción de la tendencia por sector 104
2.2.2 Descripción de la tendencia por contaminante 111
2.2.3 Descripción de la tendencia en niveles subnacionales 120
2.3 Descripción de la tendencia de indicadores de intensidad 140
3 ENERGÍA (CRT 1) *142*
3.1 Panorama general del sector 143
3.1.1 Descripción del sector 143
3.1.2 Tendencia de las emisiones y absorciones atmosféricas del sector 144
3.1.3 Aspectos metodológicos generales del sector 151
3.2 Actividades de quema de combustibles (CRT 1.A) 154
3.2.1 Descripción y tendencia de las emisiones y absorciones atmosféricas de la categoría 154
3.2.2 Aspectos metodológicos de la categoría 158
3.2.3 Comparación del método sectorial con el método de referencia 161
3.2.4 Combustibles internacionales 171
3.2.5 Materias primas y uso no energético de los combustibles 176
3.2.6 Industrias de la energía (CRT 1.A.1) 176
3.2.7 Industrias manufactureras y de la construcción (CRT 1.A.2) 201
3.2.8 Transporte (CRT 1.A.3) 251
3.2.9 Otros sectores (CRT 1.A.4) 298
3.2.10 Otro (no especificado en otra parte) (CRT 1.A.5) 322
3.3 Emisiones fugitivas de combustibles (CRT 1.B) 322

3.3.1 Descripción y tendencia de las emisiones y absorciones atmosféricas de la categoría 322
3.3.2 Aspectos metodológicos de la categoría 328
3.3.3 Combustibles sólidos (CRT 1.B.1) 331
3.3.4 Petróleo y gas natural (CRT 1.B.2) 351
3.4 Transporte y almacenamiento de CO2 (CRT 1.C) 384
4 PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS (CRT 2) *385*
4.1 Panorama general del sector 386
4.1.1 Descripción del sector 386
4.1.2 Tendencia de las emisiones y absorciones atmosféricas del sector 387
4.1.3 Aspectos metodológicos generales del sector 398
4.2 Industria de los minerales (CRT 2.A) 401
4.2.1 Descripción y tendencia de las emisiones y absorciones atmosféricas de la categoría 401
4.2.2 Aspectos metodológicos de la categoría 408
4.2.3 Descripción de flexibilidad aplicada en la categoría 421
4.2.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría 421
4.2.5 AC/CC de la categoría 422
4.2.6 Nuevos cálculos de la categoría 422
4.2.7 Mejoras planeadas de la categoría 427
4.3 Industria química (CRT 2.B) 427
4.3.1 Descripción y tendencia de las emisiones y absorciones atmosféricas de la categoría 427
4.3.2 Aspectos metodológicos de la categoría 437
4.3.3 Descripción de flexibilidad aplicada en la categoría 447
4.3.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría 447
4.3.5 AC/CC de la categoría 448
4.3.6 Nuevos cálculos de la categoría 448
4.3.7 Mejoras planeadas de la categoría 452
4.4 Industria de los metales (CRT 2.C) 452
4.4.1 Descripción y tendencia de las emisiones y absorciones atmosféricas de la categoría 452
4.4.2 Aspectos metodológicos de la categoría 458
4.4.3 Descripción de flexibilidad aplicada en la categoría 464
4.4.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría 465
4.4.5 AC/CC de la categoría 465
4.4.6 Nuevos cálculos de la categoría 466
4.4.7 Mejoras planeadas de la categoría 470
4.5 Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente (CRT 2.D) 470
4.5.1 Descripción y tendencia de las emisiones y absorciones atmosféricas de la categoría 470
4.5.2 Aspectos metodológicos de la categoría 476
4.5.3 Descripción de flexibilidad aplicada en la categoría 481
4.5.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría 481
4.5.5 AC/CC de la categoría 482
4.5.6 Nuevos cálculos de la categoría 482
4.5.7 Mejoras planeadas de la categoría 485
4.6 Industria electrónica (CRT 2.E) 485
4.7 Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO) (CRT 2.F) 485
4.7.1 Descripción y tendencia de las emisiones y absorciones atmosféricas de la categoría 485
4.7.2 Aspectos metodológicos de la categoría 500
4.7.3 Descripción de flexibilidad aplicada en la categoría 512
4.7.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría 512
4.7.5 AC/CC de la categoría 513
4.7.6 Nuevos cálculos de la categoría 514
4.7.7 Mejoras planeadas de la categoría 517
4.8 Manufactura y utilización de otros productos (CRT 2.G) 517
4.8.1 Descripción y tendencia de las emisiones y absorciones atmosféricas de la categoría 517
4.8.2 Aspectos metodológicos de la categoría 519
4.8.3 Descripción de flexibilidad aplicada en la categoría 521
4.8.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría 522
4.8.5 AC/CC de la categoría 522
4.8.6 Nuevos cálculos de la categoría 522
4.8.7 Mejoras planeadas de la categoría 524
4.9 Otros (CRT 2.H) 524
4.9.1 Descripción y tendencia de las emisiones y absorciones atmosféricas de la categoría 524
4.9.2 Aspectos metodológicos de la categoría 526
4.9.3 Descripción de flexibilidad aplicada en la categoría 531
4.9.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría 532
4.9.5 AC/CC de la categoría 532
4.9.6 Nuevos cálculos de la categoría 532

4.9.7 Mejoras planeadas de la categoría....532
5 AGRICULTURA (CRT 3)....533
5.1 Panorama general del sector....534
5.1.1 Descripción del sector....534
5.1.2 Tendencia de las emisiones y absorciones atmosféricas del sector....535
5.1.3 Aspectos metodológicos generales del sector....544
5.2 Fermentación entérica (CRT 3.A)....545
5.2.1 Descripción y tendencia de las emisiones y absorciones atmosféricas de la categoría....545
5.2.2 Aspectos metodológicos de la categoría....552
5.2.3 Descripción de flexibilidad aplicada en la categoría....565
5.2.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría....565
5.2.5 AC/CC de la categoría....566
5.2.6 Nuevos cálculos de la categoría....566
5.2.7 Mejoras planeadas de la categoría....568
5.3 Gestión del estiércol (CRT 3.B)....569
5.3.1 Descripción y tendencia de las emisiones y absorciones atmosféricas de la categoría....569
5.3.2 Aspectos metodológicos de la categoría....585
5.3.3 Descripción de flexibilidad aplicada en la categoría....629
5.3.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría....630
5.3.5 AC/CC de la categoría....632
5.3.6 Nuevos cálculos de la categoría....633
5.3.7 Mejoras planeadas de la categoría....636
5.4 Cultivo de arroz (CRT 3.C)....636
5.4.1 Descripción y tendencia de las emisiones y absorciones atmosféricas de la categoría....636
5.4.2 Aspectos metodológicos de la categoría....640
5.4.3 Descripción de flexibilidad aplicada en la categoría....643
5.4.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría....643
5.4.5 AC/CC de la categoría....643
5.4.6 Nuevos cálculos de la categoría....644
5.4.7 Mejoras planeadas de la categoría....646
5.5 Suelos agrícolas (CRT 3.D)....646
5.5.1 Descripción y tendencia de las emisiones y absorciones atmosféricas de la categoría....646
5.5.2 Aspectos metodológicos de la categoría....654
5.5.3 Descripción de flexibilidad aplicada en la categoría....664
5.5.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría....664
5.5.5 AC/CC de la categoría....666
5.5.6 Nuevos cálculos de la categoría....667
5.5.7 Mejoras planeadas de la categoría....669
5.6 Quema prescrita en sabanas (CRT 3.E)....670
5.6.1 Mejoras planeadas de la categoría....671
5.7 Quema de residuos agrícolas en el campo (CRT 3.F)....671
5.7.1 Descripción y tendencia de las emisiones y absorciones atmosféricas de la categoría....671
5.7.2 Aspectos metodológicos de la categoría....674
5.7.3 Descripción de flexibilidad aplicada en la categoría....678
5.7.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría....678
5.7.5 AC/CC de la categoría....679
5.7.6 Nuevos cálculos de la categoría....679
5.7.7 Mejoras planeadas de la categoría....681
5.8 Encalado (CRT 3.G)....681
5.8.1 Descripción y tendencia de las emisiones y absorciones atmosféricas de la categoría....681
5.8.2 Aspectos metodológicos de la categoría....682
5.8.3 Descripción de flexibilidad aplicada en la categoría....683
5.8.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría....684
5.8.5 AC/CC de la categoría....684
5.8.6 Nuevos cálculos de la categoría....684
5.8.7 Mejoras planeadas de la categoría....685
5.9 Aplicación de urea (CRT 3.H)....686
5.9.1 Descripción y tendencia de las emisiones y absorciones atmosféricas de la categoría....686
5.9.2 Aspectos metodológicos de la categoría....686
5.9.3 Descripción de flexibilidad aplicada en la categoría....688
5.9.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría....688
5.9.5 AC/CC de la categoría....688
5.9.6 Nuevos cálculos de la categoría....689
5.9.7 Mejoras planeadas de la categoría....690
5.10 Otros fertilizantes que tienen carbono (CRT 3.I)....690
5.11 Otros (especificar) (CRT 3.J)....690

6 *SILVICULTURA, USO Y CAMBIO DE USO DE LA TIERRA (CRT 4)* *691*
6.1 Panorama general del sector 692
6.1.1 Descripción del sector 692
6.1.2 Tendencia de las emisiones y absorciones atmosféricas del sector 694
6.1.3 Aspectos metodológicos generales del sector 716
6.1.4 Definiciones de uso de la tierra 716
6.1.5 Métodos específicos del país 719
6.2 Tierras forestales (CRT 4.A) 723
6.2.1 Descripción y tendencia de las emisiones y absorciones atmosféricas de la categoría 723
6.2.2 Aspectos metodológicos de la categoría 727
6.2.3 Descripción de flexibilidad aplicada en la categoría 741
6.2.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría 741
6.2.5 AC/CC de la categoría 743
6.2.6 Nuevos cálculos de la categoría 743
6.2.7 Mejoras planeadas de la categoría 749
6.3 Tierras de cultivo (CRT 4.B) 751
6.3.1 Descripción y tendencia de las emisiones y absorciones atmosféricas de la categoría 751
6.3.2 Aspectos metodológicos de la categoría 756
6.3.3 Descripción de flexibilidad aplicada en la categoría 775
6.3.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría 775
6.3.5 AC/CC de la categoría 777
6.3.6 Nuevos cálculos de la categoría 777
6.3.7 Mejoras planeadas de la categoría 783
6.4 Pastizales (CRT 4.C) 784
6.4.1 Descripción y tendencia de las emisiones y absorciones atmosféricas de la categoría 784
6.4.2 Aspectos metodológicos de la categoría 787
6.4.3 Descripción de flexibilidad aplicada en la categoría 795
6.4.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría 796
6.4.5 AC/CC de la categoría 797
6.4.6 Nuevos cálculos de la categoría 797
6.4.7 Mejoras planeadas de la categoría 799
6.5 Humedales (CRT 4.D) 800
6.5.1 Descripción y tendencia de las emisiones y absorciones atmosféricas de la categoría 800
6.5.2 Aspectos metodológicos de la categoría 803
6.5.3 Descripción de flexibilidad aplicada en la categoría 810
6.5.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría 810
6.5.5 AC/CC de la categoría 811
6.5.6 Nuevos cálculos de la categoría 811
6.5.7 Mejoras planeadas de la categoría 818
6.6 Asentamientos (CRT 4.E) 818
6.6.1 Descripción y tendencia de las emisiones y absorciones atmosféricas de la categoría 818
6.6.2 Aspectos metodológicos de la categoría 821
6.6.3 Descripción de flexibilidad aplicada en la categoría 831
6.6.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría 831
6.6.5 AC/CC de la categoría 831
6.6.6 Nuevos cálculos de la categoría 831
6.6.7 Mejoras planeadas de la categoría 832
6.7 Otras tierras (CRT 4.F) 833
6.7.1 Descripción y tendencia de las emisiones y absorciones atmosféricas de la categoría 833
6.7.2 Aspectos metodológicos de la categoría 835
6.7.3 Descripción de flexibilidad aplicada en la categoría 840
6.7.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría 840
6.7.5 AC/CC de la categoría 841
6.7.6 Nuevos cálculos de la categoría 841
6.7.7 Mejoras planeadas de la categoría 841
6.8 Productos de la madera recolectada (CRT 4.G) 841
6.8.1 Descripción y tendencia de las emisiones y absorciones atmosféricas de la categoría 841
6.8.2 Aspectos metodológicos de la categoría 844
6.8.3 Descripción de flexibilidad aplicada en la categoría 855
6.8.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría 855
6.8.5 AC/CC de la categoría 856
6.8.6 Nuevos cálculos de la categoría 856
6.8.7 Mejoras planeadas de la categoría 857
6.9 Emisiones de N_2O asociadas a suelos gestionados (CRT 4.II) 857
6.9.1 Descripción y tendencia de las emisiones y absorciones atmosféricas de la categoría 857
6.9.2 Aspectos metodológicos de la categoría 859

6.9.3 Descripción de flexibilidad aplicada en la categoría ... 862
6.9.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría ... 863
6.9.5 AC/CC de la categoría ... 863
6.9.6 Nuevos cálculos de la categoría ... 863
6.9.7 Mejoras planeadas de la categoría ... 863
6.10 Quema de biomasa (CRT 4.IV) ... 864
6.10.1 Descripción y tendencia de las emisiones y absorciones atmosféricas de la categoría ... 864
6.10.2 Aspectos metodológicos de la categoría ... 869
6.10.3 Descripción de flexibilidad aplicada en la categoría ... 878
6.10.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría ... 878
6.10.5 AC/CC de la categoría ... 879
6.10.6 Nuevos cálculos de la categoría ... 879
6.10.7 Mejoras planeadas de la categoría ... 883
7 RESIDUOS (CRT 5) ... *884*
7.1 Panorama general del sector ... 885
7.1.1 Descripción del sector ... 885
7.1.2 Tendencia de las emisiones y absorciones atmosféricas del sector ... 887
7.1.3 Aspectos metodológicos generales del sector ... 897
7.2 Disposición de residuos sólidos (CRT 5.A) ... 898
7.2.1 Descripción y tendencia de las emisiones y absorciones atmosféricas de la categoría ... 898
7.2.2 Aspectos metodológicos de la categoría ... 904
7.2.3 Descripción de flexibilidad aplicada en la categoría ... 917
7.2.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría ... 917
7.2.5 AC/CC de la categoría ... 918
7.2.6 Nuevos cálculos de la categoría ... 919
7.2.7 Mejoras planeadas de la categoría ... 923
7.3 Tratamiento biológico de residuos sólidos (CRT 5.B) ... 924
7.3.1 Mejoras planeadas de la categoría ... 925
7.4 Incineración y quema abierta de residuos (CRT 5.C) ... 926
7.4.1 Descripción y tendencia de las emisiones y absorciones atmosféricas de la categoría ... 926
7.4.2 Aspectos metodológicos de la categoría ... 937
7.4.3 Descripción de flexibilidad aplicada en la categoría ... 952
7.4.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría ... 952
7.4.5 AC/CC de la categoría ... 953
7.4.6 Nuevos cálculos de la categoría ... 953
7.4.7 Mejoras planeadas de la categoría ... 956
7.5 Tratamiento y eliminación de aguas residuales (CRT 5.D) ... 957
7.5.1 Descripción y tendencia de las emisiones y absorciones atmosféricas de la categoría ... 957
7.5.2 Aspectos metodológicos de la categoría ... 968
7.5.3 Descripción de flexibilidad aplicada en la categoría ... 989
7.5.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría ... 989
7.5.5 AC/CC de la categoría ... 991
7.5.6 Nuevos cálculos de la categoría ... 992
7.5.7 Mejoras planeadas de la categoría ... 995
7.6 Otros (especificar) (CRT 5.E) ... 996
8 EMISIONES INDIRECTAS DE CO_2 Y N_2O ... 997
8.1 Descripción de las fuentes de emisiones indirectas de CO_2 y N_2O en el inventario ... 998
8.2 Mejoras planificadas para las emisiones indirectas de CO_2 y N_2O ... 998
9 *RECÁLCULOS Y MEJORAS* ... 999
9.1 Justificación de los recálculos ... 1000
9.2 Implicancias para los niveles de las emisiones y absorciones atmosféricas ... 1000
9.3 Implicancias para la tendencia de las emisiones y absorciones atmosféricas, incluyendo consistencia 1010
9.4 Áreas de mejora y fomento de capacidad en respuesta a los procesos del examen ... 1012
9.5 Áreas de mejora y fomento de capacidad en relación con flexibilidad ... 1016
10 ANEXOS ... *1017*
10.1 Aspectos transversales ... 1017
Anexo 1.1. Árbol de categorías del SINGEI ... 1017
Anexo 1.2. Ecuaciones del SINGEI ... 1024
Anexo 1.3. Tabla de exhaustividad de datos de actividad ... 1062
Anexo 1.4. Tabla de exhaustividad de factores de emisión ... 1108
Anexo 2.1. Tabla de regionalización del SINGEI ... 1290
Anexo 1.5. Categorías clave ... 1338
Anexo 1.6. Evaluación de incertidumbre ... 1350
Tablas de reporte común-CRT ... 1353
10.2 Otra información adicional ... 1353

Energía 1353
Procesos industriales y uso de productos 1372
Agricultura 1377
Silvicultura, uso y cambio de uso de la tierra (LULUCF) 1458
11 REFERENCIAS 1475

LISTADO DE FIGURAS

Figura 0-1. Emisiones netas de GEI (2024) [kt CO_2eq] 36
Figura 0-2. Emisiones netas de GEI por sector cartera (1990-2024) [Mt CO_2eq]. 37
Figura 0-3. Emisiones de CN por sector cartera (1990-2024) [kt CN] 38
Figura 0-4. Emisiones netas de GEI por departamento de Colombia (1990-2024) [Mt CO_2eq]. 38
Figura 0-5. Emisiones de CN por departamento de Colombia (1990-2024) [kt CN] 38
Figura 1-1. El SINGEI como parte del SNICC. 42
Figura 1-2. Marco Normativo Nacional en Materia de Cambio Climático. 42
Figura 1-3. Fases del Ciclo del INGEI dentro del Proceso Estadístico del SINGEI. 44
Figura 1-4. Módulos de la plataforma SINGEI y su relación con el proceso estadístico del SINGEI. 45
Figura 1-5. Roles clave en el proceso de elaboración del SINGEI. 46
Figura 1-6. Estructura general del sistema de archivo de SINGEI 47
Figura 1-7. Tendencia de las emisiones netas de GEI para el sector Energía con su incertidumbre asociada de acuerdo al método de propagación del error [kt CO_2eq] (1990-2024). 65
Figura 1-8. Tendencia de las emisiones netas de GEI para el sector IPPU con su incertidumbre asociada de acuerdo al método de propagación del error [kt CO_2eq] (1990-2024). 66
Figura 1-9. Tendencia de las emisiones totales de GEI para el sector LULUCF con su incertidumbre asociada de acuerdo al método de propagación del error [kt CO_2eq] (1990-2024). 67
Figura 1-10. Tendencia de las absorciones de GEI para el sector LULUCF con su incertidumbre asociada de acuerdo al método de propagación del error [kt CO_2eq] (1990-2024). 68
Figura 1-11. Tendencia de las emisiones netas de GEI para el sector Agricultura con su incertidumbre asociada de acuerdo al método de propagación del error [kt CO_2eq] (1990-2024). 69
Figura 1-12. Tendencia de las emisiones netas de GEI para el sector Residuos con su incertidumbre asociada de acuerdo al método de propagación del error [kt CO_2eq] (1990-2024). 70
Figura 1-13. Elección modal por motivo de viaje desagregado por sexo y zona en Cali (Arriba) y Medellín (Abajo). 97
Figura 1-14. Participación por género a lo largo de la cadena productiva porcícola. 98
Figura 2-1. Tendencia de las emisiones de gases de efecto invernadero de Colombia por sector IPCC (1990-2024) [kt CO_2eq] 100
Figura 2-2. Participación de emisiones netas por sector y subcategoría (2024) [kt CO_2eq]. 101
Figura 2-3. Tendencia de las emisiones GEI por contaminante en Colombia (1990-2024) [kt CO_2eq] 102
Figura 2-4. Tendencia de emisiones de carbono negro y contaminantes criterio (1990-2024) [kt de contaminante]. 103
Figura 2-5. Tendencia de las emisiones del sector Energía (1990-2024) [kt CO_2eq]. 105
Figura 2-6. Tendencia de las emisiones del sector IPPU (1990-2024) [kt CO_2eq] 106
Figura 2-7. Tendencia de las emisiones del sector Agricultura (1990-2024) [kt CO_2eq]. 107
Figura 2-8. Tendencia de las emisiones del sector LULUCF (1990-2024) [kt CO_2eq] 109
Figura 2-9. Participación en las absorciones de CO_2 en 2024 110
Figura 2-10. Tendencia de las emisiones del sector Residuos (1990-2024) [kt CO_2eq]. 110
Figura 2-11. Tendencia de emisiones de CO_2 (1990-2024) [kt CO_2eq]. 112
Figura 2-12. Tendencia de las absorciones de CO_2 (1990-2024) [kt CO_2eq]. 112
Figura 2-13. Tendencia de emisiones de CH_4 (1990-2024) [kt CO_2eq]. 113
Figura 2-14. Tendencia de emisiones de N_2O (1990-2024) [kt CO_2eq]. 114
Figura 2-15. Tendencia de emisiones de gases fluorados (1990-2024) [kt CO_2eq]. 114
Figura 2-16. Tendencia de las emisiones de carbono negro (CN) (1990-2024) [kt CN]. 115
Figura 2-17. Tendencia de las emisiones de monóxido de carbono (CO) (1990-2024) [kt CO]. 116
Figura 2-18. Tendencia de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles diferentes al metano (COVDM) (1990-2024) [kt COVDM]. 116
Figura 2-19. Tendencia de las emisiones de amoniaco (NH_3) (1990-2024) [kt NH_3]. 117
Figura 2-20. Tendencia de las emisiones de óxidos de nitrógeno (NO_x) (1990-2024) [kt NO_x]. 117
Figura 2-21. Tendencia de las emisiones de dióxido de azufre (SO_2) (1990-2024) [kt SO_2] 118
Figura 2-22. Tendencia de las emisiones de óxidos de azufre (SO_x) (1990-2024) [kt SO_x]. 118
Figura 2-23. Tendencia de las emisiones de material particulado tamaño 10 µm (PM_{10}) (1990-2024) [kt PM_{10}] 119
Figura 2-24. Tendencia de las emisiones de material particulado tamaño 2,5 µm (PM_{10}) (1990-2024) [kt $PM_{2.5}$] 119
Figura 2-25. Tendencia de emisiones netas de GEI por región por tipo de bioma de Colombia (1990-2024) [Mt CO_2eq]. 121
Figura 2-26. Tendencia de emisiones netas de GEI por región por tipo de bioma de Colombia y por sector IPCC (1990-2024) [Mt CO_2eq] 122
Figura 2-27. Tendencia de emisiones de CN por región por tipo de bioma de Colombia y por sector IPCC (1990-2024) [kt CN]. 124
Figura 2-28. Tendencia de emisiones netas de GEI por sector cartera (1990-2024) [Mt CO_2eq]. 125
Figura 2-29. Tendencia de emisiones netas de GEI por sector cartera y sector IPCC (1990-2024) [Mt CO_2eq] 126
Figura 2-30. Tendencia de emisiones de CN por sector cartera (1990-2024) [kt CN]. 127
Figura 2-31. Tendencia de emisiones netas de GEI por departamento de (1990-2024) [Mt CO_2eq]. 128

Figura 2-32. Tendencia de emisiones netas de GEI por departamento de Colombia y por sector IPCC (1990-2024) [Mt CO_2eq]. 129
Figura 2-33. Tendencia de emisiones de CN por departamento de Colombia [Mt CO_2eq]. 131
Figura 2-34. Tendencia de emisiones de CN por municipio de Colombia [Mt CO_2eq]. 132
Figura 2-35. Tendencia de emisiones netas de GEI por Autoridad Ambiental de Colombia (1990-2024) [Mt CO_2eq]. 133
Figura 2-36. Tendencia de emisiones netas de GEI por Autoridad Ambiental de Colombia y por sector IPCC (1990-2024) [Mt CO_2eq]. 134
Figura 2-37. Tendencia de emisiones netas de GEI por Autoridad Ambiental de Colombia y por sector IPCC (1990-2024) [Mt CO_2eq]. 135
Figura 2-38. Tendencia de emisiones de CN por Autoridad Ambiental de Colombia y por sector IPCC (1990-2024) [kt CN]. 136
Figura 2-39. Emisiones netas de GEI por municipio de Colombia (1990-2024) [Mt CO_2eq]. 137
Figura 2-40. Tendencia de emisiones de CN por municipio de Colombia (1990-2024) [kt CN]. 139
Figura 2-41. Emisiones netas de GEI per cápita [t CO_2eq/habitante]. 141
Figura 2-42. Emisiones de CN per cápita [t CN/habitante]. 141
Figura 2-43. Emisiones netas de GEI por producto interno bruto [kt CO_2eq/miles de millones de COP] 141
Figura 3-1. Sector Energía: Categorías estimadas en el sector Energía 144
Figura 3-2. Sector Energía: Categorías estimadas en el sector Energía 148
Figura 3-3. Sector Energía: Emisiones por cada GEI (kt CO_2 eq), 2024. 149
Figura 3-4. Sector Energía: Emisiones de carbono negro y contaminantes criterio (kt), 1990-2024 151
Figura 3-5. Actividades de quema de combustibles: Emisiones totales de GEI por subcategoría (kt CO_2eq), 1990-2024 155
Figura 3-6. Actividades de quema de combustibles: Emisiones totales de GEI (kt CO2eq), 1990-2024. 157
Figura 3-7. Actividades de quema de combustibles: Emisiones totales carbono negro y contaminantes criterio (kt), 1990-2024. 158
Figura 3-8. Actividades de quema de combustibles: Subcategorías estimadas en la categoría Actividades de quema de combustibles. 159
Figura 3-9. Método de referencia: Pasos considerados para la estimación de emisiones del método de referencia 162
Figura 3-10. Método de referencia: Consumo aparente energéticos primarios 164
Figura 3-11. Método de referencia: Consumo aparente energéticos secundarios. 165
Figura 3-12. Método de referencia: Consumo de gas natural para procesos de refinación 167
Figura 3-13. Método de referencia: Gas natural clasificado como usos no energéticos 168
Figura 3-14. Método de referencia: Productos derivados de la actividad de refinación 169
Figura 3-15. Método de referencia: Otros usos de carbón 170
Figura 3-16. Método de referencia: Comparación método de referencia y enfoque sectorial 171
Figura 3-17. Combustibles internacionales: Emisiones de GEI del transporte aéreo y marítimo (kt CO_2eq), 1990-2024 173
Figura 3-18. Combustibles internacionales: Emisiones de carbono negro y contaminantes criterio del transporte aéreo y marítimo (kt), 1990-2024. 175
Figura 3-19. Industrias de la energía: Subcategorías estimadas en la subcategoría Industrias de la energía 176
Figura 3-20. Industrias de la energía: Emisiones de GEI por subcategoría (kt CO_2eq), 1990-2024. 178
Figura 3-21. Fabricación de combustibles sólidos y otras energías: Emisiones de GEI por subcategoría (kt CO_2eq), 1990-2024. 179
Figura 3-22. Industrias de la Energía: Emisiones por tipo de GEI (kt CO_2eq), 1990-2024. 180
Figura 3-23. Industrias de la Energía: Emisiones de carbono negro y contaminantes criterio por contaminante (kt), 1990-2024. 181
Figura 3-24. Industrias de la energía: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2), 1990-2024, 199
Figura 3-25. Industrias manufactureras y construcción: Subcategorías estimadas en Industrias manufactureras y construcción. 201
Figura 3-26. Industrias manufactureras y construcción: Emisiones de GEI por fuente (kt CO_2eq), 1990-2024 204
Figura 3-27. Industrias manufactureras y construcción - Otros: Emisiones de GEI por fuente (kt CO_2eq), 1990-2024. 206
Figura 3-28. Industrias manufactureras y construcción: Emisiones por tipo de GEI (kt CO_2eq), 1990-2024. 207
Figura 3-29. Industrias manufactureras y construcción: Emisiones por contaminante (kt), 1990-2024. 208
Figura 3-30. Industrias manufactureras y de la construcción: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2), 1990-2024. 250
Figura 3-31. Transporte: Subcategorías estimadas en Transporte. 252
Figura 3-32. Transporte: Emisiones de GEI por subcategorías (kt CO_2eq), 1990-2024. 254
Figura 3-33. Transporte: Emisiones por GEI en Transporte (kt CO_2eq), 1990-2024. 256
Figura 3-34. Transporte: Emisiones por contaminante (kt), 1990-2024. 257
Figura 3-35. Transporte terrestre: Emisiones de GEI por subcategorías (kt CO_2eq), 1990-2024. 259
Figura 3-36. Transporte terrestre: Emisiones por contaminante (kt), 1990-2024. 263

Figura 3-37. Transporte: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2), 1990-2024 296
Figura 3-38. Otros sectores: Subcategorías estimadas en Otros sectores (1.A.4) 298
Figura 3-39. Otros sectores: Emisiones de GEI por fuente (kt CO_2eq), 1990-2024. 300
Figura 3-40. Otros sectores: Emisiones por GEI (kt CO_2eq), 1990-2024.. 301
Figura 3-41. Otros sectores: Emisiones por contaminante (kt), 1990-2024 303
Figura 3-42. Otros sectores: Emisiones por GEI (kt CO_2eq), 2024.. 304
Figura 3-43. Otros sectores: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2), 1990-2024. 321
Figura 3-44. Emisiones fugitivas: Subcategorías estimadas en la categoría Emisiones fugitivas 323
Figura 3-45. Emisiones fugitivas: Emisiones totales de GEI por subcategoría (kt CO_2eq), 1990-2024 324
Figura 3-46. Emisiones fugitivas: Emisiones por tipo de GEI (kt CO_2eq), 1990-2024, ... 326
Figura 3-47. Emisiones fugitivas: Emisiones por GEI (kt CO_2eq), 2024 327
Figura 3-48. Emisiones fugitivas: Emisiones por tipo de contaminante (kt), 1990-2024 328
Figura 3-49. Combustibles sólidos: Subcategorías estimadas en la subcategoría Combustibles sólidos 332
Figura 3-50. Emisiones fugitivas: Emisiones totales de GEI por subcategoría (kt CO_2eq), 1990-2024, ... 334
Figura 3-51. Minería carbonífera y manejo del carbón: Emisiones por GEI (kt CO_2eq), 1990 - 2024 335
Figura 3-52. Minería carbonífera y manejo del carbón: Emisiones por GEI (kt CO_2eq), 2024.. 336
Figura 3-53. Combustibles sólidos: Emisiones por tipo de contaminante (kt), 1990-2024 337
Figura 3-54. Combustibles sólidos: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2), 1990-2024 350
Figura 3-55. Petróleo y gas natural: Subcategorías estimadas en la categoría Petróleo y gas natural 352
Figura 3-56. Petróleo y gas natural: Emisiones totales de GEI por subcategoría (kt CO_2eq), 1990-2024 354
Figura 3-57. Petróleo y gas natural: Emisiones totales de GEI por subcategoría (kt CO_2eq), 1990-2024 355
Figura 3-58. Petróleo y gas natural: Participación de las subcatergorías de 1.B.2.c. Venteo y quema en antorcha en las emisiones de GEI por subcategoría (kt CO_2eq), 2024 356
Figura 3-59. Petróleo y gas natural: Emisiones por GEI (kt CO_2eq), 1990 - 2024 357
Figura 3-60. Petróleo y gas natural: Emisiones por GEI en cada subcategoría (kt CO_2eq), 2024 358
Figura 3-61. Petróleo y gas natural: Emisiones por contaminante (kt), 1990-2024. 359
Figura 3-62. Petróleo y gas natural: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2), 1990-2024 383
Figura 4-1. Sector IPPU: Categorías estimadas en el sector IPPU 387
Figura 4-2. Sector IPPU: Categorías estimadas en el sector IPPU, ... 392
Figura 4-3. Sector IPPU: Emisiones por cada GEI (kt CO_2eq) 395
Figura 4-4. Sector IPPU: Emisiones por cada GEI (kt CO_2eq), 2024 396
Figura 4-5. Sector IPPU: Emisiones de carbono negro y contaminantes criterio (kt), 1990-2024 398
Figura 4-6. Sector IPPU: Categorías estimadas en el sector IPPU y los tipos de contaminantes estimados 400
Figura 4-7. Industria de los minerales: Subcategorías estimadas en la categoría Industria de los minerales 401
Figura 4-8. Industria de los minerales: Emisiones de GEI por fuente (kt CO_2eq), 1990-2024. 404
Figura 4-9. Industria de los minerales: Emisiones totales de GEI (kt CO_2eq), 1990-2024 405
Figura 4-10. Industria de los minerales: Emisiones totales carbono negro y contaminantes criterio (kt), 1990-2024 408
Figura 4-11. Industria de los minerales: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2), 1990-2024 426
Figura 4-12. Industria química: Subcategorías estimadas en la categoría Industria química 428
Figura 4-13. Industria química: Emisiones de GEI por fuente (kt CO_2eq), 1990-2024 430
Figura 4-14. Industria química: Emisiones totales de GEI (kt CO_2eq), 1990-2024 433
Figura 4-15. Industria química: Emisiones de GEI por subcategoría (kt CO_2eq), 2024 434
Figura 4-16. Industria química: Emisiones totales carbono negro y contaminantes criterio (kt), 1990-2024 436
Figura 4-17. Industria química: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2), 1990-2024 451
Figura 4-18. Industria de los metales: Subcategorías estimadas en la categoría Industria de los metales 453
Figura 4-19. Industria de los metales: Emisiones de GEI por fuente (kt CO_2eq), 1990-2024 454
Figura 4-20. Industria de los metales: Emisiones totales de GEI (kt CO_2eq), 1990-2024 456
Figura 4-21. Industria de los metales: Emisiones totales carbono negro y contaminantes criterio (kt), 1990-2024 458
Figura 4-22. Industria de los metales: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2), 1990-2024 469
Figura 4-23. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente: Subcategorías estimadas en la categoría Industria de los metales 471
Figura 4-24. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente: Emisiones de GEI por fuente (kt CO_2eq), 1990-2024 473
Figura 4-25. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente: Emisiones totales de GEI (kt CO_2eq), 1990-2024 474
Figura 4-26. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente: Emisiones totales carbono negro y contaminantes criterio (kt), 1990-2024. 475

Figura 4-27. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2), 1990-2024 484
Figura 4-28. Uso de productos sustitutos de las SAO: Subcategorías estimadas en la categoría Uso de productos sustitutos de las SAO 486
Figura 4-29. Uso de productos sustitutos de las SAO: Emisiones de GEI por fuente (kt CO_2eq), 1990-2024. 488
Figura 4-30. Uso de productos sustitutos de las SAO: Emisiones categorizadas por HFC y PFC (kt CO_2eq), 2001-2024 490
Figura 4-31. Uso de productos sustitutos de las SAO: Emisiones totales de GEI (kt CO_2eq), 2001-2024 491
Figura 4-32. Uso de productos sustitutos de las SAO: Emisiones de GEI para la subcategoría 2.F.1.a (kt CO_2eq), 2008-2024 494
Figura 4-33. Uso de productos sustitutos de las SAO: Emisiones de GEI para la subcategoría 2.F.1.b (kt CO_2eq), 2008-2024 494
Figura 4-34. Uso de productos sustitutos de las SAO: Emisiones de GEI para la subcategoría 2.F.1.c (kt CO_2eq), 2008-2024 495
Figura 4-35. Uso de productos sustitutos de las SAO: Emisiones de GEI para la subcategoría 2.F.1.d (kt CO_2eq), 2008-2024 495
Figura 4-36. Uso de productos sustitutos de las SAO: Emisiones de GEI para la subcategoría 2.F.1.e (kt CO_2eq), 2008-2024 496
Figura 4-37. Uso de productos sustitutos de las SAO: Emisiones de GEI para la subcategoría 2.F.1.f (kt CO_2eq), 2001-2024 496
Figura 4-38. Uso de productos sustitutos de las SAO: Emisiones de GEI para la subcategoría 2.F.2 (kt CO_2eq), 2012-2024 497
Figura 4-39. Uso de productos sustitutos de las SAO: Emisiones de GEI para la subcategoría 2.F.3 (kt CO_2eq), 2009-2024 498
Figura 4-40. Uso de productos sustitutos de las SAO: Emisiones de GEI para la subcategoría 2.F.4 (kt CO_2eq), 2008-2024 499
Figura 4-41. Uso de productos sustitutos de las SAO: Emisiones de GEI para la subcategoría 2.F.5 (kt CO_2eq), 2008-2024 500
Figura 4-42. Uso de productos sustitutos de las SAO: Emisiones de GEI para la subcategoría 2.F.6 (kt CO_2eq), 2005-2024 500
Figura 4-43. Uso de productos sustitutos de las SAO: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2), 1990-2024. 517
Figura 4-44. Manufactura y utilización de otros productos: Emisiones de GEI por fuente (kt CO_2eq), 1990-2024. 518
Figura 4-45. Manufactura y utilización de otros productos: Emisiones totales de GEI (kt CO_2eq), 1990-2024 519
Figura 4-46. Otros: Subcategorías estimadas en la categoría 2.H. Otros 524
Figura 4-47. Otros: Emisiones totales carbono negro y contaminantes criterio (kt), 1990-2024 526
Figura 5-1. Sector Agricultura: Categorías estimadas en el sector Agricultura 534
Figura 5-2. Sector Agricultura: Emisión de GEI por categoría (kt CO_2eq), 1990-2024 (barras) y aporte porcentual durante 2024 (anillo) 541
Figura 5-3. Sector Agricultura: Emisión por cada GEI (kt CO_2eq), periodo 1990-2024 (barras) y aporte porcentual durante 2024 (anillo) 542
Figura 5-4. Sector Agricultura: Emisión totales de CN+CC (kt), 1990-2024. 543
Figura 5-5. Sector Agricultura: Subcategorías estimadas en la categoría Fermentación entérica. 545
Figura 5-6. Fermentación entérica: Emisión de GEI por subcategoría (kt CO_2eq), 1990-2024 (barras) y aporte porcentual durante 2024 (anillo). 546
Figura 5-7. Fermentación entérica-Bovinos: Emisión de GEI por subcategoría (kt CO_2eq), 1990-2024 (barras) y aporte porcentual durante 2024 (anillo) 548
Figura 5-8. Fermentación entérica-Ovinos: Emisión de GEI por subcategoría (kt CO_2eq), 1990-2024 549
Figura 5-9. Fermentación entérica-Porcinos: Emisión de GEI por subcategoría (kt CO_2eq), 1990-2024 (barras) y aporte porcentual durante 2024 (anillo). 551
Figura 5-10. Fermentación entérica-Otros: Emisión de GEI por subcategoría (kt CO_2eq), 1990-2024 (barras) y aporte porcentual durante 2024 (anillo). 552
Figura 5-11. Fermentación entérica: Recálculos de GEI (kt CO_2eq), 1990-2024. 568
Figura 5-12. Sector Agricultura: Subcategorías estimadas en la categoría Gestión de estiércol. 571
Figura 5-13. Gestión de estiércol: Emisión de GEI por subcategoría (kt CO_2eq), 1990-2024 (barras) y aporte porcentual durante 2024 (anillo) 574
Figura 5-14. Gestión de estiércol: Emisión por cada GEI (kt CO_2eq), periodo 1990-2024 (barras) y aporte porcentual durante 2024 (anillo) 575
Figura 5-15. Gestión de estiércol: Emisiones totales de CN+CC (kt), 1990-2024 577
Figura 5-16. Gestión de estiércol-Bovinos: Emisión de GEI por subcategoría (kt CO_2eq), 1990-2024 (barras) y aporte porcentual durante 2024 (anillo) 579
Figura 5-17. Gestión de estiércol-Bovinos: Emisión por cada GEI (kt CO_2eq), 1990-2024 (barras) y aporte porcentual durante 2024 (anillo). 580
Figura 5-18. Gestión de estiércol-Ovinos: Emisión por cada GEI (kt CO_2eq), 1990-2024 (barras) y aporte porcentual durante 2024 (anillo) 581

Figura 5-19. Gestión de estiércol-Porcinos: Emisión de GEI por subcategoría (kt CO_2eq), 1990-2024 (barras) y aporte porcentual durante 2024 (anillo)..... 582
Figura 5-20. Gestión de estiércol-Porcinos: Emisión por cada GEI (kt CO_2eq), 1990-2024 (barras) y aporte porcentual durante 2024 (anillo) 582
Figura 5-21.Gestión de estiércol-Otros: Emisión de GEI por subcategoría (kt CO_2eq), 1990-2024 (barras) y aporte porcentual durante 2024 (anillo). 583
Figura 5-22. Gestión de estiércol-Otros: Emisión por cada GEI (kt CO_2eq), 1990-2024 (barras) y aporte porcentual durante 2024 (anillo)..... 584
Figura 5-23. Gestión de estiércol- Emisiones indirectas de N_2O de gestión de estiércol: Emisión de GEI por subcategoría (kt CO_2eq), 1990-2024 (barras) y aporte porcentual durante 2024 (anillo) 585
Figura 5-24. Gestión de estiércol: Recálculos de GEI (kt CO_2eq), 1990-2024 636
Figura 5-25. Sector Agricultura: Subcategorías estimadas en la categoría Cultivo de arroz. 637
Figura 5-26. Cultivo de arroz: Emisión de GEI por subcategoría (kt CO_2eq), 1990-2024 (barras) y aporte porcentual durante 2024 (anillo)..... 638
Figura 5-27. Cultivo de arroz- riego: Emisión de GEI por subcategoría (kt CO_2eq), 1990-2024 (barras) y aporte porcentual durante 2024 (anillo). 639
Figura 5-28. Cultivo de arroz-secano: Emisión de GEI por subcategoría (kt CO_2eq), 1990-2024 (barras) y aporte porcentual durante 2024 (anillo). 639
Figura 5-29. Cultivos de arroz: Recálculos de GEI (kt CO_2eq), 1990-2024. 645
Figura 5-30.Sector Agricultura: Subcategorías estimadas en la categoría Suelos agrícolas. 647
Figura 5-31. Suelos agrícolas: Emisión de GEI por subcategoría (kt CO_2eq), 1990-2024 (barras) y aporte porcentual durante 2024 (anillo)..... 649
Figura 5-32. Suelos agrícolas: emisiones totales de CN+CC (kt), 1990-2024. 652
Figura 5-33. Suelos agrícolas-Emisiones directas de N_2O de suelos gestionados: Emisión de GEI por subcategoría (kt CO_2eq), 1990-2024 (barras) y aporte porcentual durante 2024 (anillo)..... 653
Figura 5-34. Suelos agrícolas-Emisiones indirectas de N_2O de suelos gestionados: Emisión de GEI por subcategoría (kt CO_2eq), 1990-2024 (barras) y aporte porcentual durante 2024 (anillo). 654
Figura 5-35. Suelos agrícolas: Recálculos de GEI (kt CO_2eq), 1990-2024. 667
Figura 5-36. Sector Agricultura: Subcategorías estimadas en la categoría Quema de residuos agrícolas en el campo. 671
Figura 5-37. Quema de residuos agrícolas en el campo: Emisión de GEI por subcategoría (kt CO_2eq), 1990-2024 (barras) y aporte porcentual durante 2024 (anillo). 672
Figura 5-38. Quema de residuos agrícolas en el campo: Emisión por cada GEI (kt CO_2eq), 1990-2024 (barras) y aporte porcentual durante 2024 (anillo). 672
Figura 5-39. Quema de residuos agrícolas en el campo: emisiones totales de CN+CC (kt), 1990-2024. 674
Figura 5-40. Quema de residuos agrícolas en el campo: Recálculos de GEI (kt CO_2eq), 1990-2024..... 680
Figura 5-41. Encalado: Emisión de GEI por subcategoría (kt CO_2eq), 1990-2024. 682
Figura 5-42. Encalado: Recálculos de GEI (kt CO_2eq), 1990-2024..... 685
Figura 5-43. Aplicación de urea: Emisión de GEI por subcategoría (kt CO_2eq), 1990-2024 686
Figura 5-44. Aplicación de urea: Recálculos de GEI (kt CO_2eq), 1990-2024 690
Figura 6-1. Sector LULUCF: Categorías en el sector Silvicultura, Uso y Cambio de Uso de la Tierra. 693
Figura 6-2. Sector LULUCF: Emisiones de GEI por categoría (kt CO2eq), 1990-2024. Nota: PMR: Productos de madera recolectada. 710
Figura 6-3. Sector LULUCF: Absorciones de GEI por categoría (kt CO2eq), 1990-2024. 711
Figura 6-4. Sector LULUCF: Emisiones totales por cada GEI (kt CO2 eq), 1990-2024 713
Figura 6-5. Sector LULUCF: Emisiones totales de carbono negro y contaminantes criterio (kt), 1990-2024..... 715
Figura 6-6. Tierras forestales: Estructura de categorías y subcategorías reportadas para la categoría 4.A. Tierras forestales. 724
Figura 6-7. Tierras forestales: Emisiones y absorciones totales de GEI por subcategoría (kt CO_2eq), 1990–2024 726
Figura 6-8. Tierras forestales: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2) en emisiones netas, 1990-2024. 749
Figura 6-9. Tierras de cultivo: Estructura de la categoría 4.B. Tierras de cultivo y subcategorías consideradas en el Inventario Nacional de GEI 752
Figura 6-10. Tierras de cultivo: Emisiones y absorciones de GEI por subcategoría, 1990–2024. Nota: La figura presenta la evolución temporal de las emisiones y absorciones de CO_2 de las subcategorías de la categoría 4.B Tierras de cultivo. 755
Figura 6-11. Tierras de cultivo: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2) en emisiones netas, 1990-2024. 777
Figura 6-12. Pastizales: Estructura de la categoría y subcategorías consideradas en el Inventario Nacional de GEI. 784
Figura 6-13. Pastizales: Emisiones y absorciones de GEI por subcategoría, 1990–2024 786
Figura 6-14. Humedales: Estructura de la categoría 4.D. Humedales y subcategorías consideradas en el Inventario Nacional de GEI. 800
Figura 6-15. Humedales: Emisiones y absorciones de GEI por subcategoría, 1990–2024. 802

Figura 6-16. Humedales: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2) en emisiones netas, 1990-2024. 811
Figura 6-17. Asentamientos: Estructura de la categoría y subcategorías consideradas en el Inventario Nacional de GEI. 819
Figura 6-18. Asentamientos: Emisiones y absorciones de GEI por subcategoría, 1990–2024 820
Figura 6-19. 4.F: Emisiones totales de GEI por subcategoría (kt CO_2eq), 1990–2024. 834
Figura 6-20. 4.G: Estructura de categorías y subcategorías de Productos de la madera recolectada 842
Figura 6-21. Productos de la madera recolectada: Emisiones totales de GEI por subcategoría (kt CO_2eq), 1990–2024. 843
Figura 6-22. Emisiones y absorciones provenientes del drenaje y rehumedecimiento y otros manejos de suelos orgánicos y minerales: Estructura de categorías y subcategorías 858
Figura 6-23. Emisiones y absorciones provenientes del drenaje y rehumedecimiento y otros manejos de suelos orgánicos y minerales. Emisiones de CH_4 por subcategoría (kt CO_2eq), 1990–2024. 859
Figura 6-24. Quema de biomasa: Categorías y subcategorías estimadas en la categoría 4(IV). Quema de biomasa 864
Figura 6-25. Quema de biomasa: Emisiones totales de GEI por subcategoría, 1990–2024 (kt CO_2eq) 865
Figura 6-26. Quema de biomasa: Emisiones de gases de efecto invernadero por tipo de gas, 1990–2024 (kt CO_2eq) 866
Figura 6-27. Quema de biomasa: Emisiones de carbono negro y contaminantes criterio, 1990–2024. 868
Figura 6-28. Quema de biomasa: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2) en emisiones netas, 1990-2024. 883
Figura 7-1. Sector Residuos: Categorías estimadas en el sector Residuos 887
Figura 7-2. Sector Residuos: Emisiones totales de GEI por categoría (kt CO_2eq), 1990-2024 892
Figura 7-3. Sector Residuos: Emisiones por cada GEI (kt CO_2eq), 2024 894
Figura 7-4. Sector Residuos: Emisiones de carbono negro y contaminantes criterio (kt), 1990-2024 896
Figura 7-5. Disposición de residuos sólidos: Subcategorías estimadas en la categoría 898
Figura 7-6. Disposición de residuos sólidos: Emisiones totales de GEI por subcategoría (kt CO_2eq), 1990-2024901
Figura 7-7. Disposición de residuos sólidos: Emisiones totales de GEI (kt CO_2eq), 1990-2024 902
Figura 7-8. Disposición de residuos sólidos: Emisiones totales carbono negro y contaminantes criterio (kt), 1990-2024 904
Figura 7-9. Disposición de residuos sólidos: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2), 1990-2024 922
Figura 7-10. Incineración y quema abierta de residuos: Subcategorías estimadas en la categoría 926
Figura 7-11. Síntesis de la matriz de homologación de corrientes y subcorrientes RESPEL con subcategorías IPCC. 928
Figura 7-12. Incineración y quema abierta de residuos: Emisiones totales de GEI por subcategoría (kt CO_2eq), 1990-2024 931
Figura 7-13. Incineración y quema abierta de residuos: Emisiones totales de GEI (kt CO_2eq), 1990-2024 933
Figura 7-14. Incineración y quema abierta de residuos: Emisiones totales de GEI (kt CO_2eq) por subcategoría, 2024 934
Figura 7-15. Incineración y quema abierta de residuos: Emisiones totales carbono negro y contaminantes criterio (kt), 1990-2024 936
Figura 7-16. Incineración y quema abierta de residuos: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2), 1990-2024 955
Figura 7-17. Tratamiento y eliminación de aguas residuales: Subcategorías estimadas en la categoría 958
Figura 7-18. Tratamiento y eliminación de aguas residuales: Emisiones totales de GEI por subcategoría (kt CO_2eq), 1990-2024. 962
Figura 7-19. Tratamiento y eliminación de aguas residuales: Emisiones totales de GEI (kt CO_2eq), 1990-2024. 964
Figura 7-20. Tratamiento y eliminación de aguas residuales: Emisiones totales de GEI (kt CO_2eq) por subcategoría, 2024 966
Figura 7-21. Tratamiento y eliminación de aguas residuales: Emisiones totales carbono negro y contaminantes criterio (kt), 1990-2024 968
Figura 7-22. Tratamiento y eliminación de aguas residuales: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2), 1990-2024 994
Figura 9-1. Recálculos de las emisiones netas de GEI BTR2 vs BTR1. 1000
Figura 9-2. Recálculos de emisiones netas por sector IPCC, BTR2 vs BTR1. 1003
Figura 9-3. Recálculos en las estimaciones nacionales de CN BTR2 vs BTR1 1007
Figura 9-4. Recálculos de emisiones de CN por sector IPCC (1990-2024). 1008
Figura 10-1. Factores de emisión para metano en minería 1356
Figura 10-2. Esquema de reporte ANH 1358
Figura 10-3. Segmentos clave incluidos en los sistemas de petróleo (1B 2a) 1359
Figura 10-4. Segmentos clave incluidos en los sistemas de gas natural (1B 2b) 1359
Figura 10-5. Flujo metodológico para la construcción de factores de emisión nacionales 1360
Figura 10-6. Evolución de factores de emisión vs rangos IPCC (fugas petróleo, CH_4) 1361
Figura 10-7. Evolución de factores de emisión de CO_2 por fugas en producción de petróleo (2013-2023) 1362
Figura 10-8. Evolución de factores de emisión de CH_4 por fugas en producción de gas natural (2013-2023) 1363

Figura 10-9. Evolución de factores de emisión de CO_2 por fugas en producción de gas natural (2013-2023).....1363
Figura 10-10. Evolución de factores de emisión de CH_4 por procesamiento de gas natural (2013-2023)..... 1364
Figura 10-11. Evolución de factores de emisión de CO_2 por fugitivas en procesamiento de gas natural (2013-2023, suavizado).....1365
Figura 10-12. Evolución de factores de emisión de CO_2 por quema en tea en producción de petróleo (2013-2023) 1366
Figura 10-13. Evolución de factores de emisión de CH_4 por quema en tea en producción de petróleo (2013-2023) 1367
Figura 10-14. Evolución de factores de emisión de N_2O por quema en tea en producción de petróleo (2013-2023) 1367
Figura 10-15. Evolución de factores de emisión de CH_4 por quema en tea en producción de gas natural (2013-2023) 1368
Figura 10-16. Evolución de factores de emisión de CO_2 por quema en tea en producción de gas natural (2013-2023) 1368
Figura 10-17. Evolución de factores de emisión de N_2O por quema en tea en producción de gas natural (2013-2023) 1369
Figura 10-18. Evolución de factores de emisión de CH_4 por quema en tea en procesamiento de gas natural (2013-2023) 1370
Figura 10-19. Evolución de factores de emisión de CO_2 por quema en tea en procesamiento de gas natural (2013-2023) 1370
Figura 10-20. Evolución de factores de emisión de N_2O por quema en tea en procesamiento de gas natural (2013-2023) 1371
Figura 10-21. Distribución de las hojas de la herramienta 1373
Figura 10-22. Estructura de B2.....1373
Figura 10-23. Estructura de F2.....1373
Figura 10-24. Estructura del cálculo de la emisión.....1374
Figura 10-25. Diagrama del modelo AFOLU 1 Colombia.....1378

LISTADO DE TABLAS

Tabla 0-1. Variación de las emisiones netas de GEI (1990 vs 2024) y Participación en las emisiones netas de GEI por sector IPCC (2024) 36
Tabla 0-2. Participación en las emisiones netas por GEI (2024) 36
Tabla 0-3. Variación de las emisiones de CN (1990 vs 2024) 37
Tabla 1-1. Reportes de inventarios de emisiones y absorciones atmosféricas de Colombia ante la CMNUCC. 43
Tabla 1-2. Principales instrumentos del proceso estadístico del SINGEI relacionados con el INGEI 44
Tabla 1-3. Actores y roles para la gestión del INGEI. 46
Tabla 1-4. Contaminantes estimados en el INGEI de Colombia 48
Tabla 1-5. Análisis de categorías clave del inventario de GEI por nivel y tendencia para el método 1 y método 2 con LULUCF (2024) 50
Tabla 1-6. Análisis de categorías clave del inventario de GEI por nivel y tendencia para el método 1 sin LULUCF (2024) 51
Tabla 1-7. Análisis de categorías clave del inventario de carbono negro y contaminantes criterio por nivel y tendencia para el método 1 (2024) 53
Tabla 1-8. Incertidumbre por sector IPCC e incertidumbre nacional (%) [1990-2024] 58
Tabla 1-9. Incertidumbre de la tendencia nacional (2024) 59
Tabla 1-10. Exhaustividad y transparencia del inventario de emisiones y absorciones atmosféricas de Colombia en el 2024 ante la CMNUCC 71
Tabla 1-11. Subcategorías no estimadas (NE) en el INGEI de Colombia. 72
Tabla 1-12. Subcategorías estimadas en otro lugar (IE) en el inventario de GEI 88
Tabla 1-13. Avances en la implementación de mejoras sectoriales respecto al BTR1 93
Tabla 1-14. Metodología aplicada a los pilotos de enfoque de género del SINGEI 96
Tabla 2-1. Variación de las emisiones netas nacionales de GEI entre 1990 y 2024 [kt CO_2eq] 100
Tabla 2-2. Tendencia de las emisiones de gases de efecto invernadero (1990-2024) [kt CO_2eq] 101
Tabla 2-3. Tendencia de emisiones de GEI por contaminante (1990-2024) [kt CO_2eq] 102
Tabla 2-4. Variación de las emisiones de carbono negro y contaminantes criterio entre 1990 y 2024 en Colombia 103
Tabla 2-5. Tendencia de las emisiones de carbono negro y contaminantes criterio (1990-2024) [kt de contaminante] 104
Tabla 2-6. Variación en las emisiones de carbono negro y contaminantes criterio para el sector Energía entre 1990 y 2024 [kt contaminante] 105
Tabla 2-7. Variación en las emisiones de carbono negro y contaminantes criterio para el sector IPPU entre 1990 y 2024 [kt contaminante] 107
Tabla 2-8. Variación en las emisiones de carbono negro y contaminantes criterio para el sector Agricultura entre 1990 y 2024 [kt contaminante] 108
Tabla 2-9. Variación en las emisiones de carbono negro y contaminantes criterio para el sector Residuos entre 1990 y 2024 [kt contaminante]. 111
Tabla 2-10. Tendencia de las emisiones netas de GEI por región por tipo de bioma (1990-2024) [Mt CO_2eq]. 122
Tabla 2-11. Tendencia de las emisiones de CN por región por tipo de bioma (1990-2024) [kt CN] 125
Tabla 2-12. Tendencia de emisiones netas de GEI por sector cartera (1990-2024) [Mt CO_2eq]. 125
Tabla 2-13. Tendencia de emisiones de CN por sector cartera (1990-2024) [kt CN] 127
Tabla 2-14. Tendencia de emisiones netas de GEI por departamento de (1990-2024) [Mt CO_2eq]. 130
Tabla 2-15. Tendencia de emisiones de CN por departamento de Colombia [Mt CO_2eq]. 132
Tabla 2-16. Tendencia de emisiones netas de GEI por Autoridad Ambiental de Colombia (1990-2024) [Mt CO_2eq]. 133
Tabla 2-17. Tendencia de emisiones de CN por Autoridad Ambiental de Colombia y por sector IPCC (1990-2024) [kt CN] 135
Tabla 2-18. Tendencia de emisiones netas de GEI por municipio de Colombia (1990-2024) [Mt CO_2eq] 138
Tabla 2-19. Tendencia de emisiones de CN por municipio de Colombia (1990-2024) [kt CN] 139
Tabla 3-1. Sector Energía: Generación de energía en Colombia por fuente 2022-2024 143
Tabla 3-2. Sector Energía: Emisiones por contaminante, categoría y subcategoría (kt) para 2024 145
Tabla 3-3. Sector Energía: Emisiones totales de GEI por categoría y subcategoría (kt CO_2 eq) 147
Tabla 3-4. Sector Energía: Emisiones totales de GEI por categoría y subcategoría (kt CO_2 eq) 149
Tabla 3-5. Sector Energía: Emisiones de carbono negro y contaminantes criterio (kt) 149
Tabla 3-6. Sector Energía: Niveles metodológicos 152
Tabla 3-7. Actividades de quema de combustibles: Emisiones totales de GEI por categoría y subcategoría (kt CO_2eq) 154
Tabla 3-8. Actividades de quema de combustibles: Emisiones totales de GEI (kt CO_2eq) 156
Tabla 3-9. Actividades de quema de combustibles: Emisiones totales carbono negro y contaminantes criterio (kt) 157
Tabla 3-10. Método de referencia: Parámetros para la estimación del contenido de carbono 166
Tabla 3-11. Combustibles internacionales: emisiones de GEI del transporte aéreo y marítimo (kt CO_2eq) 172
Tabla 3-12. Combustibles internacionales: Emisiones de carbono negro y contaminantes criterio del transporte aéreo y marítimo (kt) 174

Tabla 3-13. Industrias de la Energía: Emisiones totales de GEI por fuente (kt CO_2eq) 177
Tabla 3-14. Industrias de la Energía: Emisiones por contaminante (kt CO_2eq o kt) 180
Tabla 3-15. Industrias de la Energía: Aspectos metodológicos 182
Tabla 3-16. Industrias de la energía: Fuente de información de datos de actividad 184
Tabla 3-17. Industrias de la energía: datos de actividad por combustible o fuente de GEI, carbono negro y contaminantes criterio (TJ; t) 186
Tabla 3-18. Industrias de la energía: factores de emisión aplicados por fuente de GEI, carbono negro y contaminantes criterio 190
Tabla 3-19. Resultados de incertidumbre (%) por propagación del error para 1.A.1. Industrias de la energía 194
Tabla 3-20. Industrias de la Energía: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2) (kt CO_2 eq) 196
Tabla 3-21. Industrias de la energía. Plan de mejora 200
Tabla 3-22. Industrias manufactureras y de la construcción: Aspectos metodológicos Correspondencias IPCC – CIIU (Rev. 4 A.C.) para las subcategorías de 1.A.2. 201
Tabla 3-23. Industrias manufactureras y de la construcción: Emisiones totales de GEI por subcategoría (kt CO_2eq) 202
Tabla 3-24. Industrias manufactureras y de la construcción: Emisiones por contaminante (kt CO_2eq o kt) 207
Tabla 3-25. Industrias manufactureras y de la construcción: Aspectos metodológicos 210
Tabla 3-26. Industrias manufactureras y de la construcción: Fuente de información de datos de actividad 212
Tabla 3-27. Industrias manufactureras y de la construcción: datos de actividad por combustible o fuente de GEI, carbono negro y contaminantes criterio 218
Tabla 3-28. Industrias manufactureras y de la construcción: factores de emisión aplicados por fuente de GEI, carbono negro y contaminantes criterio 229
Tabla 3-29. Resultados de incertidumbre (%) por propagación del error para 1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción. 242
Tabla 3-30. Industrias manufactureras y de la construcción: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2) (kt CO_2 eq) 244
Tabla 3-31. Industrias manufactureras y construcción. Plan de mejora 251
Tabla 3-32. Transporte: Emisiones totales de GEI por fuente (kt CO_2eq) 252
Tabla 3-33. Transporte: Emisiones totales por GEI y contaminante (kt CO_2eq o kt) 255
Tabla 3-34. Transporte terrestre: Emisiones totales por GEI y subcategoría (kt CO_2eq) 258
Tabla 3-35. Transporte terrestre: Emisiones de GEI por subcategoría (kt CO_2eq) 260
Tabla 3-36. Transporte terrestre: Emisiones por contaminante (kt) 260
Tabla 3-37. Transporte: Aspectos metodológicos 265
Tabla 3-38. Transporte: Fuente de información de datos de actividad 269
Tabla 3-39. Aviación doméstica. Tabla de homologación de aeronaves, categorías Aerocivil - IPCC 272
Tabla 3-40. Transporte terrestre. Tabla de homologación de categorías vehiculares del RUNT- subcategorías IPCC 274
Tabla 3-41. Transporte terrestre. Factores de actividad (km/año) y rendimiento energético (km/gal) por categoría vehicular y tipo de combustible 274
Tabla 3-42. Transporte: datos de actividad por combustible o fuente de GEI, carbono negro y contaminantes criterio (TJ; vehículos; km/año) 277
Tabla 3-43. Transporte: factores de emisión aplicados por fuente de GEI, carbono negro y contaminantes criterio 283
Tabla 3-44. Resultados de incertidumbre (%) por propagación del error para 1.A.3. Transporte 291
Tabla 3-45. Transporte: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2) (kt CO_2 eq) 293
Tabla 3-46. Transporte. Plan de mejora 297
Tabla 3-47. Otros sectores: Emisiones totales de GEI por fuente (kt CO_2eq) 299
Tabla 3-48. Otros sectores: Emisiones por contaminante (kt CO_2eq o kt) 301
Tabla 3-49. Otros sectores: Aspectos metodológicos 305
Tabla 3-50. Otros sectores: Fuente de información de datos de actividad 307
Tabla 3-51. Otros sectores: datos de actividad por combustible o fuente de GEI, carbono negro y contaminantes criterio 310
Tabla 3-52. Otros sectores: factores de emisión aplicados por fuente de GEI, carbono negro y contaminantes criterio 313
Tabla 3-53. Resultados de incertidumbre (%) por propagación del error para 1.A.4. Otros sectores. 317
Tabla 3-54. Otros sectores: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2) (kt CO_2 eq) 319
Tabla 3-55. Otros sectores. Plan de mejora 322
Tabla 3-56. Actividades de quema de combustibles: Emisiones totales de GEI por categoría y subcategoría (kt CO_2eq) 323
Tabla 3-57. Emisiones fugitivas: Emisiones totales de GEI (kt CO_2eq) 325
Tabla 3-58. Emisiones fugitivas: Emisiones totales carbono negro y contaminantes criterio (kt) 327
Tabla 3-59. Combustibles sólidos: Emisiones de GEI por categoría (kt CO_2eq) 332

Tabla 3-60. Combustibles sólidos: Emisiones por tipo de GEI en la subcategoría de combustibles sólidos (kt CO_2eq) 335
Tabla 3-61. Combustibles sólidos: Emisiones de carbono negro y contaminantes criterio en la subcategoría de combustibles sólidos (kt CO_2eq) 336
Tabla 3-62. Combustibles sólidos: Aspectos metodológicos 338
Tabla 3-63. Combustibles sólidos: Fuente de información de datos de actividad 340
Tabla 3-64. Combustibles sólidos: datos de actividad por combustible o fuente de GEI, carbono negro y contaminantes criterio 341
Tabla 3-65. Combustibles sólidos: factores de emisión aplicados por fuente de GEI, carbono negro y contaminantes criterio 343
Tabla 3-66. Resultados de incertidumbre (%) por propagación del error para 1.B.1. Combustibles sólidos. 346
Tabla 3-67. Combustibles sólidos: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2) (kt CO_2 eq) 348
Tabla 3-68. Combustibles sólidos. Plan de mejora 351
Tabla 3-69. Petróleo y gas natural: Emisiones totales de GEI por fuente (kt CO_2eq) 352
Tabla 3-70. Petróleo y gas natural: Emisiones por tipo de GEI en la subcategoría de Petróleo y gas natural (kt CO_2eq) 357
Tabla 3-71. Petróleo y gas natural: Emisiones por contaminante (kt) 358
Tabla 3-72. Petróleo y gas natural: Aspectos metodológicos 361
Tabla 3-73. Petróleo y gas natural: Fuente de información de datos de actividad 365
Tabla 3-74. Petróleo y gas natural: datos de actividad por combustible o fuente de GEI, carbono negro y contaminantes criterio 367
Tabla 3-75. Petróleo y gas natural: factores de emisión aplicados por fuente de GEI, carbono negro y contaminantes criterio 372
Tabla 3-76. Resultados de incertidumbre (%) por propagación del error para 1.B.2. Petróleo y gas natural 378
Tabla 3-77. Petróleo y gas natural: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2) (kt CO_2 eq) 380
Tabla 3-78. Petróleo y gas natural. Plan de mejora 384
Tabla 4-1. Sector IPPU: emisiones por contaminante, categoría y subcategoría (kt) para 2024. 388
Tabla 4-2. Sector IPPU: Emisiones totales de GEI por categoría y subcategoría (kt CO_{2eq}) 390
Tabla 4-3. Sector IPPU: Emisiones por cada GEI en el sector IPPU (kt CO_{2eq}) 393
Tabla 4-4. Sector IPPU: Emisiones de carbono negro y contaminantes criterio en el sector (kt) 396
Tabla 4-5. Sector IPPU: Niveles metodológicos 399
Tabla 4-6. Industria de los minerales: Emisiones totales de GEI por categoría y subcategoría (kt CO_2eq) 402
Tabla 4-7. Industria de los minerales: Emisiones totales de GEI (kt CO_2eq) 405
Tabla 4-8. Industria de los minerales: Emisiones de carbono negro y contaminantes criterio (kt) 406
Tabla 4-9. Industria de los minerales: Aspectos metodológicos 409
Tabla 4-10. Industria de los minerales: Fuente de información de datos de actividad para 2.A.1. 410
Tabla 4-11. Industria de los minerales: datos de actividad para la subcategoría 2.A.1. Producción de cemento 411
Tabla 4-12. Industria de los minerales: Factores utilizados para la estimación de 2.A.1. 411
Tabla 4-13. Industria de los minerales: Fuente de información de datos de actividad para 2.A.2. 412
Tabla 4-14. Industria de los minerales: datos de actividad para la subcategoría 2.A.2. Producción de cal 412
Tabla 4-15. Industria de los minerales: Fuente de información de datos de actividad para 2.A.3. 413
Tabla 4-16. Industria de los minerales: Supuestos utilizados para la estimación de 2.A.3. 413
Tabla 4-17. Industria de los minerales: Factores utilizados para la estimación de 2.A.3. 414
Tabla 4-18. Industria de los minerales: datos de actividad para la subcategoría 2.A.3. Producción de vidrio 414
Tabla 4-19. Industria de los minerales: Fuente de información de datos de actividad para 2.A.4. 415
Tabla 4-20. Industria de los minerales: datos de actividad para la subcategoría 2.A.4. Otros usos de carbonatos en los procesos 415
Tabla 4-21. Industria de los minerales: Fuente de información de datos de actividad para 2.A.5. 416
Tabla 4-22. Industria de los minerales: datos de actividad para la subcategoría 2.A.5.a. Cantería y minería de minerales diferentes al carbón 416
Tabla 4-23. Industria de los minerales: Factores utilizados para la estimación de 2.A.5.b 417
Tabla 4-24. Industria de los minerales: datos de actividad para la subcategoría 2.A.5.b. Construcción y demoliciones 417
Tabla 4-25. Industria de los minerales: factores de emisión aplicados por fuente de GEI, carbono negro y contaminantes criterio 419
Tabla 4-26. Resultados de incertidumbre (%) por propagación del error para 2.A. Industria de los minerales 421
Tabla 4-27. Industria de los minerales: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2) (kt CO_2eq) 423
Tabla 4-28. Industria de los minerales: Plan de mejora 427
Tabla 4-29. Industria química: Emisiones totales de GEI por categoría y subcategoría (kt CO_2eq) 428
Tabla 4-30. Industria química: Emisiones totales de GEI (kt CO_2eq) 431
Tabla 4-31. Industria química: Emisiones de carbono negro y contaminantes criterio (kt) 434
Tabla 4-32. Industria química: Aspectos metodológicos 438
Tabla 4-33. Industria química: Fuente de información de datos de actividad para 2.B.1. 439

Tabla 4-34. Industria química: Datos de actividad para la subcategoría 2.B.1. Producción de amoniaco 440
Tabla 4-35. Industria química: Fuente de información de datos de actividad para 2.B.2. 440
Tabla 4-36. Industria química: Datos de actividad para la subcategoría 2.B.2. Producción de ácido nítrico 440
Tabla 4-37. Industria química: Fuente de información de datos de actividad para 2.B.4.a 441
Tabla 4-38. Industria química: Datos de actividad para la subcategoría 2.B.4.a. Caprolactama 441
Tabla 4-39. Industria química: Fuente de información de datos de actividad para 2.B.8. 442
Tabla 4-40. Industria química: Datos de actividad para la subcategoría 2.B.8. Producción petroquímica y de negro de humo 442
Tabla 4-41. Industria química: Fuente de información de datos de actividad para 2.B.11. 443
Tabla 4-42. Industria química: Datos de actividad para la subcategoría 2.B.11. Otros 443
Tabla 4-43. Industria química: factores de emisión aplicados por fuente de GEI, carbono negro y contaminantes criterio 444
Tabla 4-44. Resultados de incertidumbre (%) por propagación del error para 2.B. Industria química 447
Tabla 4-45. Industria química: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2) (kt CO_2eq) 449
Tabla 4-46. Industria química: Plan de mejora 452
Tabla 4-47. Industria de los metales: Emisiones totales de GEI por categoría y subcategoría (kt CO_2eq) 453
Tabla 4-48. Industria de los metales: Emisiones totales de GEI (kt CO_2eq) 455
Tabla 4-49. Industria de los metales: Emisiones de carbono negro y contaminantes criterio (kt) 456
Tabla 4-50. Industria de los metales: Aspectos metodológicos 459
Tabla 4-51. Industria de los metales: Fuente de información de datos de actividad para 2.C.1. 461
Tabla 4-52. Industria de los metales: Supuestos utilizados para la estimación de 2.C.1. 461
Tabla 4-53. Industria de los metales: Datos de actividad para la subcategoría 2.C.1. Producción de hierro y acero 461
Tabla 4-54. Industria de los metales: Fuente de información de datos de actividad para 2.C.2. 462
Tabla 4-55. Industria de los metales: Datos de actividad para la subcategoría 2.C.2. Producción de ferroaleaciones 462
Tabla 4-56. Industria de los metales: Fuente de información de datos de actividad para 2.C.5. 463
Tabla 4-57. Industria de los metales: Datos de actividad para la subcategoría 2.C.5. Producción de plomo 463
Tabla 4-58. Industria de los metales: factores de emisión aplicados por fuente de GEI, carbono negro y contaminantes criterio 464
Tabla 4-59. Resultados de incertidumbre (%) por propagación del error para 2.C. Industria de los metales 465
Tabla 4-60. Industria de los metales: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2) (kt CO_2eq) 467
Tabla 4-61. Industria de los metales: Plan de mejora 470
Tabla 4-62. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente: Emisiones totales de GEI por categoría y subcategoría (kt CO_2eq) 472
Tabla 4-63. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente: Emisiones totales de GEI (kt CO_2eq) 474
Tabla 4-64. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente: Emisiones de carbono negro y contaminantes criterio (kt) 475
Tabla 4-65. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente: Aspectos metodológicos 476
Tabla 4-66. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente: Fuente de información de datos de actividad para 2.D.1. y 2.D.2 477
Tabla 4-67. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente: Factores utilizados para la estimación de 2.D.1. y 2.D.2 477
Tabla 4-68. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente: Datos de actividad para la subcategoría 2.D.1. Uso de lubricantes y 2.D.2. Uso de cera de parafina 478
Tabla 4-69. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente: Fuente de información de datos de actividad para 2.D.3 479
Tabla 4-70. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente: Factores utilizados para la estimación de 2.D.3. 479
Tabla 4-71. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente: Datos de actividad para la subcategoría 2.D.3. Otros 479
Tabla 4-72. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente: factores de emisión aplicados por fuente de GEI, carbono negro y contaminantes criterio 481
Tabla 4-73. Resultados de incertidumbre (%) por propagación del error para 2.D. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente 481
Tabla 4-74. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2) (kt CO_2eq) 483
Tabla 4-75. Uso de productos sustitutos de las SAO: Emisiones totales de GEI por categoría y subcategoría (kt CO_2eq) 486
Tabla 4-76. Uso de productos sustitutos de las SAO: Emisiones totales de GEI (kt CO_2eq) 489
Tabla 4-77. Uso de productos sustitutos de las SAO: Emisiones de GEI por subcategoría (kt CO_2eq) 492
Tabla 4-78. Uso de productos sustitutos de las SAO: Emisiones de GEI de la subcategoría 2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado (kt CO_2eq) 493

Tabla 4-79. Uso de productos sustitutos de las SAO: Emisiones de GEI de la subcategoría 2.F.4 (kt CO_2eq) 499
Tabla 4-80. Uso de productos sustitutos de las SAO: Aspectos metodológicos 501
Tabla 4-81. Uso de productos sustitutos de las SAO: Sustitutos de la SAO consumidos en Colombia por aplicación 502
Tabla 4-82. Uso de productos sustitutos de las SAO: Fuente de información de datos de actividad para 2.F.... 503
Tabla 4-83. Uso de productos sustitutos de las SAO: Composición en porcentaje másico de HFC y PFC presentes en las mezclas sustitutas de las SAO 504
Tabla 4-84. Uso de productos sustitutos de las SAO: datos de actividad para las subcategorías 2.F.1.a. Refrigeración comercial y 2.F.1.b. Refrigeración doméstica 504
Tabla 4-85. Uso de productos sustitutos de las SAO: datos de actividad para las subcategorías 2.F.1.c. Refrigeración industrial 506
Tabla 4-86. Uso de productos sustitutos de las SAO: datos de actividad para las subcategorías 2.F.1.d. Transporte refrigerado 508
Tabla 4-87. Uso de productos sustitutos de las SAO: datos de actividad para las subcategorías 2.F.1.e. Aire acondicionado móvil y 2.F.1.f. Aire acondicionado estacionario 508
Tabla 4-88. Uso de productos sustitutos de las SAO: datos de actividad para las subcategorías 2.F.2. Agentes espumantes, 2.F.3. Protección contra incendios y 2.F.4.a. Inhaladores dosificadores 510
Tabla 4-89. Uso de productos sustitutos de las SAO: datos de actividad para las subcategorías 2.F.4.b. Otros, 2.F.5. Solventes y 2.F.6. Otras aplicaciones 511
Tabla 4-90. Uso de productos sustitutos de las SAO: factores de emisión aplicados por fuente de GEI 512
Tabla 4-91. Resultados de incertidumbre (%) por propagación del error para 2.F. Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO). 512
Tabla 4-92. Uso de productos sustitutos de las SAO: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2) (kt CO_2 eq) 514
Tabla 4-93. Uso de productos sustitutos de las SAO: Plan de mejora 517
Tabla 4-94. Manufactura y utilización de otros productos: Emisiones totales de GEI por categoría y subcategoría (kt CO_2eq) 518
Tabla 4-95. Manufactura y utilización de otros productos: Emisiones totales de GEI (kt CO_2eq) 518
Tabla 4-96. Manufactura y utilización de otros productos: Aspectos metodológicos 519
Tabla 4-97. Manufactura y utilización de otros productos: Fuente de información de datos de actividad para 2.D.3 520
Tabla 4-98. Manufactura y utilización de otros productos: Datos de actividad para la subcategoría 2.G.1. Equipos eléctricos 520
Tabla 4-99. Manufactura y utilización de otros productos: factores de emisión aplicados por fuente de GEI, carbono negro y contaminantes criterio 521
Tabla 4-100. Resultados de incertidumbre (%) por propagación del error para 2.G.1. Equipos electrónicos 522
Tabla 4-101. Manufactura y utilización de otros productos: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2) (kt CO_2eq) 523
Tabla 4-102. Manufactura y utilización de otros productos: Plan de mejora 524
Tabla 4-103. Otros: Emisiones de carbono negro y contaminantes criterio (kt) 525
Tabla 4-104. Otros: Aspectos metodológicos 527
Tabla 4-105. Otros: Fuente de información de datos de actividad para 2.H.1. y 2.H.2 527
Tabla 4-106. Otros: Supuestos utilizados para la estimación de 2.H.2 528
Tabla 4-107. Otros: Datos de actividad para la subcategoría 2.H.1. Industria de pulpa y papel 529
Tabla 4-108. Otros: Datos de actividad para la subcategoría 2.H.2. Industria de alimentos y bebidas 529
Tabla 4-109. Otros: factores de emisión aplicados por fuente de GEI, carbono negro y contaminantes criterio 531
Tabla 5-1. Sector Agricultura: Emisiones por contaminantes, categoría y subcategoría (kt) para 2024 536
Tabla 5-2. Sector agricultura: Emisiones totales de GEI por categoría y subcategoría (kt CO_2eq) 541
Tabla 5-3. Sector Agricultura: Emisiones por cada GEI (kt CO_2eq) 542
Tabla 5-4. Sector Agricultura: Emisiones de CN+CC (kt) 542
Tabla 5-5. Sector Agricultura: Niveles metodológicos 544
Tabla 5-6. Fermentación entérica: Emisiones totales de GEI por categoría (kt CO_2eq) 546
Tabla 5-7. Fermentación entérica-Bovinos: Emisiones totales de GEI por categoría (kt CO_2eq) 548
Tabla 5-8. Fermentación entérica-Ovinos: Emisiones totales de GEI por categoría (kt CO_2eq) 549
Tabla 5-9. Fermentación entérica-Porcinos: Emisiones totales de GEI por categoría (kt CO_2eq) 550
Tabla 5-10. Fermentación entérica-Otro ganado: Emisiones totales de GEI por categoría (kt CO_2eq) 552
Tabla 5-11. Fermentación entérica: Aspectos metodológicos para la estimación de GEI, CN+CC 553
Tabla 5-12. Fermentación entérica: Fuentes de información de datos de actividad 554
Tabla 5-13. Fermentación entérica: Datos de actividad (Cabezas de animales) para la subcategoría 3.A.1. Bovinos para GEI y CN+CC 554
Tabla 5-14. Fermentación entérica: Datos de actividad (Cabezas de animales) para la subcategoría 3.A.2. Ovinos y 3.A.3. Porcinos para GEI y CN+CC 555
Tabla 5-15. Fermentación entérica: Datos de actividad (Cabezas de animales) para la subcategoría 3.A.4. Otro ganado para GEI y CN+CC 556
Tabla 5-16. Fermentación entérica-Bovinos: Tasas de conversión media de CH_4 (Ym) 558
Tabla 5-17. Fermentación entérica: factores de emisión de GEI, CN+CC 558

Tabla 5-18. Resultados de incertidumbre (%) por propagación del error para 3.A. Fermentación entérica 565
Tabla 5-19. Fermentación entérica: Comparación entre el inventario anterior (BTR1) y el inventario actual (BTR2) (kt CO_2eq) 567
Tabla 5-20. Fermentación entérica: Plan de mejora 568
Tabla 5-21. Gestión de estiércol: Emisiones totales de GEI por categoría (kt CO_2eq). 573
Tabla 5-22. Gestión de estiércol: Emisiones totales por GEI (kt CO_2eq) 574
Tabla 5-23. Gestión de estiércol: Emisiones totales de CN+CC (kt), 1990-2024 576
Tabla 5-24. Gestión de estiércol-Bovinos: Emisiones totales de GEI por subcategoría (kt CO_2eq) 578
Tabla 5-25. Gestión de estiércol-Bovinos: Emisiones totales por GEI (kt CO_2eq) 579
Tabla 5-26. Gestión de estiércol-Ovinos: Emisiones totales de GEI por subcategoría (kt CO_2eq) 580
Tabla 5-27. Gestión de estiércol-Porcinos: Emisiones totales de GEI por subcategoría (kt CO_2eq) 581
Tabla 5-28. Gestión de estiércol-Porcinos: Emisiones totales por GEI (kt CO_2eq) 582
Tabla 5-29. Gestión de estiércol-Otro ganado: Emisiones totales de GEI por subcategoría (kt CO_2eq) 583
Tabla 5-30. Gestión de estiércol-Emisiones indirectas de N_2O de gestión de estiércol: Emisiones totales de GEI por subcategoría (kt CO_2eq) 584
Tabla 5-31. Gestión de estiércol: Aspectos metodológicos para la estimación de GEI y CN+CC 586
Tabla 5-32. Gestión de estiércol: factores de emisión aplicados para GEI y CN+CC 588
Tabla 5-33. Resultados de incertidumbre (%) por propagación del error para 3.B. Gestión del estiércol. 630
Tabla 5-34. Gestión de estiércol: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2) (kt CO_2eq) 634
Tabla 5-35. Gestión de estiércol: Plan de mejoras 636
Tabla 5-36. Cultivo de arroz: Emisiones totales de GEI por Subcategoría (kt CO_2eq) 638
Tabla 5-37. Cultivo de arroz: Aspectos metodológicos para la estimación de GEI 640
Tabla 5-38. Cultivo de arroz: Fuente de información de datos de actividad 641
Tabla 5-39. Cultivo de arroz: Datos de actividad (Área sembrada con arroz (ha)) para las subcategorías 3.C.1. Arroz riego y 3.C.2. Arroz secano para GEI y CN+CC 641
Tabla 5-40. Cultivo de arroz: Factores de emisión aplicados por GEI 642
Tabla 5-41. Resultados de incertidumbre (%) por propagación del error para 3.C. Cultivo de arroz. 643
Tabla 5-42. Cultivo de arroz: Comparación entre el inventario anterior (BTR1) y el inventario actual (BTR2) (kt CO_2eq) 645
Tabla 5-43. Cultivo de arroz: Plan de mejora 646
Tabla 5-44. Suelos agrícolas: Emisiones totales de GEI por subcategoría (kt CO_2eq) 648
Tabla 5-45. Suelos agrícolas: Emisiones de CN+CC (kt), 1990-2024 650
Tabla 5-46. Suelos agrícolas: Aspectos metodológicos para la estimación de GEI y CN+CC 655
Tabla 5-47. Suelos agrícolas: Fuentes de información de datos de actividad 658
Tabla 5-48. Suelos agrícolas: Datos de actividad (entradas de N (kg)) para las subcategorías 3.D.1. Emisiones directas de N_2O y 3.D.1. Emisiones indirectas de N_2O para GEI y CN+CC 660
Tabla 5-49. Suelos agrícolas: Datos de actividad (Área cultivada (ha)) para las subcategorías 3.D.1. Emisiones directas de N2O y 3.D.1. Emisiones indirectas de N2O para GEI y CN+CC 661
Tabla 5-50. Suelos agrícolas: Factores de emisión aplicados por subcategoría de GEI y CN+CC 662
Tabla 5-51. Resultados de incertidumbre (%) por propagación del error para 3.D. Suelos agrícolas 664
Tabla 5-52. Suelos agrícolas: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2) (kt CO_2eq) 668
Tabla 5-53. Suelos agrícolas: Plan de mejora 669
Tabla 5-54. Quema de residuos agrícolas en el campo: Emisiones de GEI por subcategoría (kt CO_2eq) 671
Tabla 5-55. Quema de residuos agrícolas en el campo: Emisiones de CN+CC (kt), 1990-2024 673
Tabla 5-56. Quema de residuos agrícolas en el campo: Aspectos metodológicos para la estimación de GEI y CN+CC 675
Tabla 5-57. Quema de residuos agrícolas en el campo: Fuente de información de datos de actividad 675
Tabla 5-58. Quema de residuos agrícolas en el campo: Datos de actividad (Área quemada (ha)) para las subcategorías 3.F.1. Cereales, 3.F.4. Caña de azúcar y 3.F5. Otros para GEI y CN+CC 676
Tabla 5-59. Quema de residuos agrícolas en el campo: Factores de emisión aplicados por subcategoría de GEI y CN+CC 677
Tabla 5-60. Resultados de incertidumbre (%) por propagación del error para 3.F. Quema de residuos agrícolas en campo. 678
Tabla 5-61. Quema de residuos agrícolas en el campo: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2) (kt CO_2eq) 680
Tabla 5-62. Quema de residuos agrícolas en el campo: Plan de mejora 681
Tabla 5-63. Encalado: Emisiones totales de GEI por subcategoría (kt CO_2eq) 681
Tabla 5-64. Encalado: Aspectos metodológicos para la estimación de GEI 682
Tabla 5-65. Encalado: Fuente de información de datos de actividad 682
Tabla 5-66. Encalado: Datos de actividad (Cantidad de cal dolomita (ton)) para las subcategorías 3.G.2. Dolomita para GEI y CN+CC 683
Tabla 5-67. Encalado: Factores de emisión aplicados por subcategoría para GEI 683
Tabla 5-68. Resultados de incertidumbre (%) por propagación del error para 3.G. Encalado 684
Tabla 5-69. Encalado: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2) (kt CO_2eq) 685

Tabla 5-70. Encalado: Plan de mejora 685
Tabla 5-71. Aplicación de urea: Emisiones totales de GEI por subcategoría (kt CO_2eq) 686
Tabla 5-72. Aplicación urea: Aspectos metodológicos para la estimación de GEI 687
Tabla 5-73. Aplicación de urea: Fuente de información de datos de actividad 687
Tabla 5-74. Aplicación de urea: Datos de actividad (Cantidad de urea (ton)) para GEI y CN+CC 687
Tabla 5-75. Aplicación de urea: Factores de emisión aplicados por subcategoría para GEI 688
Tabla 5-76. Resultados de incertidumbre (%) por propagación del error para 3.H. Aplicación de urea. 688
Tabla 5-77. Aplicación de urea: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2) (kt CO_2eq) 689
Tabla 5-78. Aplicación de urea: Plan de mejora 690
Tabla 6-1 Sector LULUCF: Emisiones y absorciones por contaminante, categoría y subcategoría (kt) para 2024 695
Tabla 6-2. Sector LULUCF: Emisiones totales de GEI por categoría y subcategoría (kt CO_2eq) 708
Tabla 6-3. Sector LULUCF: Emisiones totales por cada GEI (kt CO2eq) 712
Tabla 6-4. Sector LULUCF: Emisiones de carbono negro y contaminantes criterio (kt) 714
Tabla 6-5.Definiciones nacionales de uso de la tierra y correspondencia con las categorías LULUCF del IPCC 2006 717
Tabla 6-6. Sector LULUCF: Niveles metodológicos 719
Tabla 6-7. Sector LULUCF: Matriz de transición de uso de la tierra para el año 1990. 721
Tabla 6-8. Sector LULUCF: Matriz de transición de uso de la tierra para el año 2024. 722
Tabla 6-9. Tierras forestales: Emisiones totales de GEI por categoría y subcategoría (kt CO_2eq) 725
Tabla 6-10. Tierras forestales: Emisiones totales de GEI (kt CO2eq) 726
Tabla 6-11. Tierras forestales: Aspectos metodológicos para la estimación de GEI. 728
Tabla 6-12. Tierras forestales: Fuente de información de datos de actividad 732
Tabla 6-13. Tierras forestales: Datos de actividad por subcategoría de GEI 733
Tabla 6-14. Tierras forestales: Factores de emisión y absorción aplicados para la estimación de GEI 737
Tabla 6-15. Resultados de incertidumbre (%) por propagación del error para 4.A. Tierras forestales 741
Tabla 6-16. Tierras forestales: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2) en emisiones totales y netas, 1990-2024 744
Tabla 6-17. Tierras forestales. Plan de mejora 750
Tabla 6-18. Tierras de cultivo: Emisiones y absorciones de GEI por categoría y subcategoría (kt CO_2eq) 753
Tabla 6-19. Tierras de cultivo: Emisiones totales de GEI (kt CO_2eq) 756
Tabla 6-20. Tierras de cultivo: Metodologías y ecuaciones empleadas para la estimación de GEI 757
Tabla 6-21. Tierras de cultivo: Fuentes de datos de actividad 760
Tabla 6-22. Tierras de cultivo: Datos de actividad utilizados para la estimación de las emisiones y absorciones de GEI, 1990–2024 761
Tabla 6-23. Tierras de cultivo: Factores de emisión y absorción utilizados para la estimación de GEI 766
Tabla 6-24. Resultados de incertidumbre (%) por propagación del error para 4.B. Tierras de cultivo 775
Tabla 6-25. Tierras de cultivo: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2) en emisiones totales y netas, 1990-2024 778
Tabla 6-26. Tierras de cultivo: Plan de mejora 783
Tabla 6-27. Pastizales: Emisiones y absorciones de GEI por categoría y subcategoría (kt CO_2eq). 785
Tabla 6-28. Pastizales: Emisiones totales de GEI (kt CO_2eq) 786
Tabla 6-29. 4.C: Pastizales. Aspectos metodológicos para la estimación de GEI 788
Tabla 6-30. Pastizales: Fuentes de datos de actividad utilizadas para la estimación de las emisiones y absorciones de GEI 791
Tabla 6-31. Pastizales: Datos de actividad utilizados para la estimación de las emisiones y absorciones de GEI, 1990–2024 792
Tabla 6-32. Pastizales: Factores de emisión aplicados por subcategoría – Categoría. 794
Tabla 6-33. Resultados de incertidumbre (%) por propagación del error para 4.C. Pastizales 796
Tabla 6-34. Pastizales: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2) en emisiones totales y netas, 1990-2024. 797
Tabla 6-35. Pastizales: Plan de mejora 799
Tabla 6-36. Humedales: Emisiones y absorciones de GEI por categoría y subcategoría (kt CO_2eq) 801
Tabla 6-37. Humedales: Emisiones totales de GEI (kt CO_2eq) 802
Tabla 6-38. Humedales: Aspectos metodológicos para la estimación de GEI. 803
Tabla 6-39. Humedales: Fuentes de datos de actividad utilizadas para la estimación de las emisiones y absorciones de GEI. 805
Tabla 6-40. Humedales: Datos de actividad utilizados para la estimación de las emisiones y absorciones de GEI, 1990–2024 806
Tabla 6-41. Humedales: Factores de emisión y absorción utilizados para la estimación de GEI. 808
Tabla 6-42. Resultados de incertidumbre (%) por propagación del error para 4.D. Humedales 810
Tabla 6-43. Humedales: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2) en emisiones totales y netas, 1990-2024. 813
Tabla 6-44. Humedales. Plan de mejora 818
Tabla 6-45. Asentamientos: Emisiones y absorciones de GEI por categoría y subcategoría (kt CO_2eq) 819

Tabla 6-46. Asentamientos: Emisiones totales de GEI 1990-2024 (kt CO_2eq) 821
Tabla 6-47. Asentamientos: Aspectos metodológicos para la estimación de GEI 822
Tabla 6-48. Asentamientos: Fuentes de datos de actividad utilizadas para la estimación de las emisiones y absorciones de GEI. 823
Tabla 6-49. Asentamientos: Datos de actividad utilizados para la estimación de las emisiones y absorciones de GEI, 1990–2024 824
Tabla 6-50. Asentamientos: Factores de emisión y absorción utilizados para la estimación de GEI. 825
Tabla 6-51. Resultados de incertidumbre (%) por propagación del error para 4.E. Asentamientos 831
Tabla 6-52. Asentamientos. Plan de mejora 832
Tabla 6-53. Otras tierras: Emisiones de GEI por categoría y subcategoría (kt CO_2eq) 833
Tabla 6-54. Otras tierras: Emisiones totales de GEI (kt CO_2eq) 834
Tabla 6-55. Otras tierras: Aspectos metodológicos para la estimación de GEI 835
Tabla 6-56. Otras tierras: Fuentes de datos de actividad utilizadas para la estimación de las emisiones de GEI 836
Tabla 6-57. Otras tierras: Datos de actividad utilizados para la estimación de las emisiones de GEI, 1990–2024 837
Tabla 6-58. Otras tierras: Factores de emisión y absorción utilizados para la estimación de GEI 838
Tabla 6-59. Resultados de incertidumbre (%) por propagación del error para 4.F. Otras tierras 840
Tabla 6-60. Otras tierras: Plan de mejora 841
Tabla 6-61. Productos de la madera recolectada: Emisiones y absorciones de GEI por categoría y subcategoría (kt CO_2eq). 842
Tabla 6-62. Productos de la madera recolectada: Emisiones totales de GEI por categoría y subcategoría (kt CO_2eq). 844
Tabla 6-63. Productos de la madera recolectada: Aspectos metodológicos para la estimación de GEI 845
Tabla 6-64. Productos de la madera recolectada: Fuentes de datos de actividad utilizadas para la estimación de las emisiones y absorciones de GEI 849
Tabla 6-65. Productos de la madera recolectada: Datos de actividad utilizados para la estimación de las emisiones y absorciones de GEI, 1990–2024 850
Tabla 6-66. Productos de la madera recolectada: Parámetros metodológicos utilizados para la estimación de las emisiones y absorciones de GEI 854
Tabla 6-67. Resultados de incertidumbre (%) por propagación del error para 4.G. Productos de la madera recolectada 855
Tabla 6-68. Productos de la madera recolectada: Plan de mejora 857
Tabla 6-69. Emisiones y absorciones provenientes del drenaje y rehumedecimiento y otros manejos de suelos orgánicos y minerales: Emisiones de GEI por categoría y subcategoría (kt CO_2eq), años seleccionados, 1990–2024. 858
Tabla 6-70. 4(II). Aspectos metodológicos para la estimación de emisiones de CH_4 860
Tabla 6-71. Emisiones y absorciones provenientes del drenaje y rehumedecimiento y otros manejos de suelos orgánicos y minerales. Fuentes de datos de actividad utilizadas para la estimación de emisiones de CH_4 860
Tabla 6-72. Emisiones y absorciones provenientes del drenaje y rehumedecimiento y otros manejos de suelos orgánicos y minerales. Datos de actividad utilizados para la estimación de emisiones de CH_4, 1990–2024 861
Tabla 6-73. Emisiones y absorciones provenientes del drenaje y rehumedecimiento y otros manejos de suelos orgánicos y minerales: Factores de emisión utilizados para la estimación de emisiones de CH_4 862
Tabla 6-74. Resultados de incertidumbre (%) por propagación del error para 4.(II). Emisiones de N_2O asociadas a suelos gestionados 863
Tabla 6-75. Emisiones y absorciones provenientes del drenaje y rehumedecimiento y otros manejos de suelos orgánico y minerales: Emisiones y absorciones provenientes del drenaje y rehumedecimiento y otros manejos de suelos orgánicos y minerales. Plan de mejora 863
Tabla 6-76. Quema de biomasa: Emisiones totales de GEI por categoría y subcategoría (kt CO_2eq). 864
Tabla 6-77. Quema de biomasa: Emisiones totales de GEI 1990 – 2021 (kt CO_2eq) 866
Tabla 6-78. Quema de biomasa: Emisiones de carbono negro y contaminantes criterio, 1990–2024 867
Tabla 6-79. Quema de biomasa: Aspectos metodológicos para la estimación de emisiones de GEI, carbono negro y contaminantes criterio 869
Tabla 6-80. Quema de biomasa: Fuentes de datos de actividad utilizadas para la estimación de emisiones 872
Tabla 6-81. 4(IV): Datos de actividad utilizados para la estimación de emisiones, 1990–2024 872
Tabla 6-82. Quema de biomasa: Factores de emisión utilizados para la estimación de emisiones 875
Tabla 6-83. Resultados de incertidumbre (%) por propagación del error para 4(IV).A. Tierras forestales 878
Tabla 6-84. Quema de biomasa: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2) en emisiones totales y netas, 1990-2024 880
Tabla 6-85. Quema de biomasa: Plan de mejora 883
Tabla 7-1. Sector Residuos: Emisiones por contaminante, categoría y subcategoría (kt) para 2024. 888
Tabla 7-2. Sector Residuos: Emisiones totales de GEI por categoría y subcategoría (kt CO_2eq) 890
Tabla 7-3. Sector Residuos: Emisiones totales de GEI por categoría y subcategoría (kt CO_2eq) 893
Tabla 7-4. Sector Residuos: Emisiones de carbono negro y contaminantes criterio (kt) 895
Tabla 7-5. Sector Residuos: Niveles metodológicos 897
Tabla 7-6. Disposición de residuos sólidos: Emisiones totales de GEI por categoría (kt CO_2eq) 899

Tabla 7-7. Disposición de residuos sólidos: Emisiones totales de GEI (kt CO_2eq) 902
Tabla 7-8. Disposición de residuos sólidos: Emisiones totales carbono negro y contaminantes criterio (kt) 903
Tabla 7-9. Disposición de residuos sólidos: Aspectos metodológicos 906
Tabla 7-10. Disposición de residuos sólidos: Fuente de información de datos de actividad 908
Tabla 7-11. Disposición de residuos sólidos: datos de actividad por fuente de GEI, carbono negro y contaminantes criterio. 910
Tabla 7-12. Disposición de residuos sólidos: factores de emisión aplicados por fuente de GEI, carbono negro y contaminantes criterio 913
Tabla 7-13. Disposición de residuos sólidos: fracciones de composición de residuos sólidos por tipo (valor consolidado por departamento) 914
Tabla 7-14. Disposición de residuos sólidos. Constantes de descomposición (k) utilizadas en el modelo FOD según tipo de residuo y zona climática IPCC (año^{-1}) 917
Tabla 7-15. Resultados de incertidumbre (%) por propagación del error para 5.A. Eliminación de residuos sólidos 918
Tabla 7-16. Disposición de residuos sólidos. Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2) (kt CO_2eq) 921
Tabla 7-17. Disposición de residuos sólidos. Plan de mejora 923
Tabla 7-18. Tratamiento biológico de residuos sólidos. Datos de actividad y estimación de emisiones, 2012 – 2023. 925
Tabla 7-19. Tratamiento biológico de residuos sólidos. Plan de mejora 925
Tabla 7-20. Incineración y quema abierta de residuos: Emisiones totales de GEI por categoría (kt CO_2eq) 930
Tabla 7-21. Incineración y quema abierta de residuos: Emisiones totales de GEI (kt CO_2eq) 932
Tabla 7-22. Incineración y quema abierta de residuos: Emisiones totales carbono negro y contaminantes criterio (kt) 935
Tabla 7-23. Incineración y quema abierta de residuos: Aspectos metodológicos 938
Tabla 7-24. Incineración y quema abierta de residuos: Fuente de información de datos de actividad 941
Tabla 7-25. Homologación de subcorrientes y corrientes RESPEL con subcategorías IPCC utilizadas en la estimación de emisiones por incineración de residuos 943
Tabla 7-26. Incineración y quema abierta de residuos: datos de actividad por fuente de GEI, carbono negro y contaminantes criterio. 946
Tabla 7-27. Incineración y quema abierta de residuos: factores de emisión aplicados por fuente de GEI, carbono negro y contaminantes criterio 948
Tabla 7-28. Resultados de incertidumbre (%) por propagación del error para 5.C. Eliminación de residuos sólidos 952
Tabla 7-29. Incineración y quema abierta de residuos. Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2) (kt CO_2 eq) 954
Tabla 7-30. Incineración y quema abierta de residuos. Plan de mejora 956
Tabla 7-31. Tratamiento y eliminación de aguas residuales: Emisiones totales de GEI por categoría (kt CO_2eq) 960
Tabla 7-32. Tratamiento y eliminación de aguas residuales: Emisiones totales de GEI (kt CO_2eq) 963
Tabla 7-33. Tratamiento y eliminación de aguas residuales: Emisiones totales carbono negro y contaminantes criterio (kt) 967
Tabla 7-34. Tratamiento y eliminación de aguas residuales: Aspectos metodológicos 970
Tabla 7-35. Tratamiento y eliminación de aguas residuales: Fuente de información de datos de actividad 974
Tabla 7-36. Tratamiento y eliminación de aguas residuales: Agrupación de productos de la EAM según las subcategorías IPCC para aguas residuales industriales 975
Tabla 7-37. Tratamiento y eliminación de aguas residuales: datos de actividad por fuente de GEI, carbono negro y contaminantes criterio. 978
Tabla 7-38. Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas: factores de emisión aplicados por fuente de GEI, carbono negro y contaminantes criterio 983
Tabla 7-39. Tratamiento y eliminación de aguas residuales. Caracterización de las tecnologías de tratamiento utilizadas en la estimación de CH_4 para aguas residuales domésticas. 984
Tabla 7-40. Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales: factores de emisión aplicados por fuente de GEI, carbono negro y contaminantes criterio 987
Tabla 7-41. Resultados de incertidumbre (%) por propagación del error para 5.D. Tratamiento y eliminación de aguas residuales 989
Tabla 7-42. Tratamiento y eliminación de aguas residuales. Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2) (kt CO_2 eq) 993
Tabla 7-43. Tratamiento y eliminación de aguas residuales. Plan de mejora 995
Tabla 9-1. Principales recálculos en el inventario nacional de GEI. 1004
Tabla 9-2. Variaciones en la tendencia de las emisiones de GEI considerando o no LULUCF, BTR2 vs BTR1 1011
Tabla 9-3. Recomendaciones del TERT por sector IPCC para BTR1 1012
Tabla 9-4. Resumen del plan de mejora sectorial del inventario de emisiones y absorciones atmosféricas (BTR2+4CNCC) 1013
Tabla 10-1. Resultados categorías clave del inventario de GEI considerando LULUCF método 1 – nivel (N1) (2024) 1340

Tabla 10-2. Resultados categorías clave del inventario de GEI considerando LULUCF método 1 – tendencia (T1) (1990 y 2024) 1341
Tabla 10-3. Resultados categorías clave del inventario de GEI considerando LULUCF método 2 – nivel (N2) (2024) 1342
Tabla 10-4. Resultados categorías clave del inventario de GEI considerando LULUCF método 2 – tendencia (T2) (1990 y 2024) 1342
Tabla 10-5. Resultados categorías clave del inventario de GEI sin LULUCF método 1 – nivel (N1) 1343
Tabla 10-6. Resultados categorías clave del inventario de GEI sin LULUCF método 1 – tendencia (T1) 1344
Tabla 10-7. Resultados categorías clave del inventario de GEI sin LULUCF método 2 – nivel (N2) 1344
Tabla 10-8. Resultados categorías clave del inventario de GEI sin LULUCF método 2 – tendencia (T2) 1345
Tabla 10-9. Resultados categorías clave del inventario de carbono negro y contaminantes criterio método 1 – nivel (N1) (2024) 1346
Tabla 10-10. Resultados categorías clave del inventario de carbono negro y contaminantes criterio método 1 – tendencial (T1) (1990 y 2024) 1348
Tabla 10-11. Propuesta de incertidumbre asociada a niveles cualitativos de error para las actividades que no reportan error cuantitativo. Fuente: NIR BUR3 Colombia 1353
Tabla 10-12. Matriz genealógica sugerida para determinar factores de escala de incertidumbre basados en calificaciones de calidad de datos. (GHG, 2022) 1353
Tabla 10-13. Anexo 5.1: Caracterización de los animales de cada subcategoría en cada región 1381
Tabla 10-14. Anexo 5.1: Caracterización de dietas y sistemas alimentarios de cada subcategoría en cada región. 1385
Tabla 10-15. Anexo 5.1: Temperatura media superficial de cada una de las subregiones del país 1391
Tabla 10-16. Anexo 5.1: Parámetros para determinar el Ym y complementos del modelo "AFOLU 1 Colombia" 1392
Tabla 10-17. Anexo 5.2: Distribución de los sistemas de gestión de estiércol (%) 1400
Tabla 10-18. Anexo 5.2: EFVS por sistema de gestión de ganado bovino (g CH_4 Kg VS). IPCC 2019, Tabla 10.14, ajustado por ecuaciones, considerando temperatura 1404
Tabla 10-19. Anexo 5.2: Factor de conversión por sistema gestión de estiércol -MCF- (%) 1418
Tabla 10-20. Anexo 5.2: Fracción de la excreción total anual de nitrógeno -AWMS- (%) 1422
Tabla 10-21. Anexo 5.2: Parámetros para factores de emisión específicos (3.B) 1437
Tabla 10-22. Anexo 5.3: Tasa de aplicación de dolomita por hectárea cultivada 1452
Tabla 10-23. Anexo 5.3: Factor de validación de la dosis de dolomita por hectárea a partir de Encuesta Nacional Manufacturera (DANE) 1455
Tabla 10-24. Anexo 5.4: Tasa de aplicación de urea por hectárea cultivada 1455
Tabla 10-25. Anexo 5.4: Factor de validación de la dosis de urea por hectárea a partir de datos de consumo de urea (IFAStat y FAOStat) 1458

ABREVIATURAS, ACRÓNIMOS Y SIGLAS

Sigla	Definición
ACPM	Aceite Combustible para Motores
AFOLU	Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra
AGROSAVIA	Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria
ANDI	Asociación Nacional de Empresarios de Colombia
ANH	Agencia Nacional de Hidrocarburos
ANI	Agencia Nacional de Infraestructura
ANLA	Autoridad Nacional de Licencias Ambientales
B0	Base de datos de actividad crudos del inventario
B2	Base de datos de actividad procesados del inventario
BACEX	Base de Datos de Comercio Exterior
BECO	Balance Energético Colombiano
BOF	Basic Oxygen Furnace (Horno básico de oxígeno)
BTR	Informe bienal de transparencia
CALAC+	Programa de Clima y Aire Limpio en Ciudades de América Latina
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
CF	Contenido de carbono
$CaCO_3$	Carbonato de calcio
CaO	Óxido de calcio
C_2F_6	PFC-116. Perfluorocarbono
C_3F_8	PFC-218. Perfluorocarbono
CEED	Censo de Edificaciones
CF_3CHFCF_3	HFC-227ea. Hidrofluorocarbono
$CF_3CHFCHFCF_2CF_3$	HFC-43-10mee. Hidrofluorocarbono
CF_4	PFC-14. Perfluorocarbono
CFOAi	Conversion Factor for Organic Amendment (Factor de conversión para abono orgánico i)
CH_2F_2	HFC-32. Hidrofluorocarbono
CH_2FCF_3	HFC-134a. Hidrofluorocarbono
$CH_3CF_2CH_2CF_3$	HFC-365mfc. Hidrofluorocarbono
CH_3CF_3	HFC-143a. Hidrofluorocarbono
CH_3CHF_2	HFC-152a. Hidrofluorocarbono
CH_4	Metano
CHF_2CF_3	HFC-125. Hidrofluorocarbono
$CHF_2CH_2CF_3$	HFC-245fa. Hidrofluorocarbono
CHF_3	HFC-23. Hidrofluorocarbono
CIAT	Centro Internacional de Agricultura Tropical
CIIU	Clasificación Industrial Internacional Uniforme
CLFGM	Colombia Landfill Gas Model
CICC	Comisión Intersectorial de Cambio Climático
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
CN	Carbono negro
CO	Monóxido de carbono
CO_2	Dióxido de carbono
CO_2eq	Dióxido de carbono equivalente
COSUDE	Cooperación Suiza para el Desarrollo
COVDM	Compuestos Orgánicos Volátiles Diferentes al Metano
CPC	Central Product Classification
CR	Contaminante criterio

CRT	Tablas de reporte común
CSM	Cuenta Satélite de Minería
CTICCC	Comité de Información Técnica y Científica de Cambio Climático
CVC	Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca
DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística
DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DBO_5	Demanda Bioquímica de Oxígeno a 5 días
$DDOC_m$	Masa de carbono orgánico degradable depositado
DOC	Carbono orgánico degradable (Degradable Organic Carbon)
DOCf	Fracción de carbono orgánico degradable que puede descomponerse
DIAN	Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales
DQO	Demanda Química de Oxígeno
DTGA	Dirección Técnica de Gestión de Aseo
EAF	Electric Arc Furnace (Horno de arco eléctrico)
EAM	Encuesta Anual Manufacturera
ECV	Encuesta de Calidad de Vida
ECG	Estadísticas de Cemento Gris
EEA	European Environment Agency (Agencia Europea de Medio Ambiente)
EMEP	European Monitoring and Evaluation Programme (Programa Europeo de Monitoreo y Evaluación)
ENAM	Encuesta Nacional de Arroz Mecanizado
EPA	Environmental Protection Agency (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos)
Euro	Estándar europeo de control de emisiones vehiculares
EVA	Evaluaciones Agropecuarias Municipales
F2	Base de factores de emisión y parámetros del inventario
FAO	Food and Agriculture Organization (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura)
FAOSTAT	Base de datos estadísticos de la FAO
FCF	Fracción de carbono fósil
FE	Factor de Emisión
FECOC	Calculadora de Factores de Emisión de Combustibles
FEDEARROZ	Federación Nacional de Arroceros
FEDEGAN	Federación Colombiana de Ganaderos
FICEM	Federación Interamericana del Cemento
Finagro	Fondo para el financiamiento del sector agropecuario
FIND	Fracción de nitrógeno asociada a descargas industriales/comerciales
FNPR	Fracción de nitrógeno en proteínas
FNON	Fracción de proteína no consumida
FOD	Descomposición de Primer Orden (First Order Decay)
FMFC	Fuentes móviles terrestres de uso fuera de carretera
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GLP	Gas Licuado de Petróleo
GWh	Gigavatio-hora
GMI	Global Methane Initiative
HWP	Harvested Wood Products
HFC-23	Trifluorometano
HFC-32	Difluorometano
HFC-125	Pentafluoroetano
HFC-134a	1,1,1,2-Tetrafluoroetano
HFC-143a	1,1,1-Trifluoroetano

HFC-152a	1,1-Difluoroetano
HFC-227ea	Heptafluoropropano
HFC-236fa	Hexafluoropropano
HFC-245fa	Pentafluoropropano
HFC-365mfc	Pentafluorobutano
HFC-4310mee	Decafluoropentano
ICA	Instituto Colombiano Agropecuario
ICPC	Instituto Colombiano de Productores de Cemento
IDEAM	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
IE	Incluido en otro lugar
IFA	International Fertilizer Industry Association (Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes)
IFN	Inventario forestal nacional
IGAC	Instituto Geográfico Agustín Codazzi: Bienvenido
INGEI	Inventario nacional de emisiones y absorciones atmosféricas
IPCC	Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático
IPPU	Procesos Industriales y Uso de Productos
k	Constante de degradación
kg	Kilogramo
kt	Kilotonelada
LMOP	Landfill Methane Outreach Program
LULUCF	Silvicultura, Uso y Cambio de Uso de la Tierra
LTO	Landing and Take-Off (Ciclo de aterrizaje y despegue de aeronaves)
MAO	Módulo de accesos a información origen
MAT	Temperatura media anual (Mean Annual Temperature)
MCF	Methane Covertion Factor (Factor de Conversión de Metano)
MDA	Módulo de datos de actividad
MDC	Módulo de cálculos de emisiones y absorciones
MDF	Módulo de factores
MDI	Módulo de incertidumbre
MDL	Mecanismo de Desarrollo Limpio
MDP	Módulo de proyecciones
MDR	Módulo de reportes
$MgCO_3$	Carbonato de magnesio
MgO	Óxido de magnesio
Minagricultura	Ministerio de agricultura y desarrollo rural
Minambiente	Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible
Mincomercio	Ministerio de comercio, industria y turismo
Mintransporte	Ministerio de transporte
Minvivienda	Ministerio de vivienda, ciudad y territorio
MMS	Manure Management Systems (Sistemas de Gestión de Estiércol)
MPD	Modalidades, Procedimientos y Directrices
MPG	Modalidades, procedimientos y directrices
MRT	Marco Reforzado de Transparencia
MRV	Monitoreo, reporte y verificación
MRVme	Sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación del sector minero-energético
N_2O	Óxido nitroso
NA	No aplica
NE	No estimado
Na_2CO_3	Carbonato de sodio (ceniza de sosa)
NF_3	Trifluoruro de nitrógeno
NACAG	Nitric Acid Climate Action Group (Grupo de Acción Climática para el Ácido Nítrico)
NH_3	Amoniaco
NO	No ocurre
NO_x	Óxidos de nitrógeno
NTC	Norma técnica colombiana
PFC	Perfluorocarburos
PFC-14	Tetrafluorometano (CF_4)

PFC-116	Hexafluoroetano (C_2F_6)
PFC-218	Octafluoropropano (C_3F_8)
PIB	Producto Interno Bruto
OF	Factor de oxidación
PCB	Bifenilos policlorados
PCI	Poder Calorífico Inferior
PERS	Planes Energéticos Regionales Sostenibles
PIB	Producto Interno Bruto
PM_{10}	Material particulado menor o igual a 10 µm
$PM_{2.5}$	Material particulado menor o igual a 2.5 µm
PMAR	Plan Nacional de Manejo de Aguas Residuales
PPC	Producción o generación per cápita de residuos
PST	Partículas Suspendidas Totales
PTAR	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
Porkcolombia	Asociación Colombiana de Porcicultores
PROCEMCO	Cámara Colombiana del Cemento y el Concreto
QA/QC	Aseguramiento y Control de Calidad
R	Lenguaje de programación R
R-116	Denominación comercial del PFC-116
R1	Aprovechamiento energético
RAS	Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico
RESPEL	Registro de residuos o desechos peligrosos
ROAi	Ratio Organic Amendment Application i (Tasa de Aplicación de la Enmienda Orgánica)
RUA	Registro Único Ambiental
RUNT	Registro Único Nacional de Tránsito
SAO	Sustancias que agotan la capa de ozono
SF_6	Hexafluoruro de azufre
SFo	Scaling Factor for Application of Organic Amendments (Factor de escala por aplicación de enmiendas orgánicas)
SFp	Scaling Factor for Water Regime before the Cultivation Period (Factor de escala por régimen hídrico antes del cultivo)
SFw	Scaling Factor for Water Regime during the Cultivation Period (Factor de escala por régimen hídrico durante el período de cultivo)
SGE	Sistemas de Gestión de Estiércol
SIAC	Sistema de Información Ambiental de Colombia
SICOM	Sistema de Información de Combustibles Líquidos
SIEX	Sistema Estadístico de Comercio Exterior
SIMCO	Sistema de Información Minero Colombiano
SIN	Sistema Interconectado Nacional
SINGEI	Sistema Nacional del Inventario de Emisiones y Absorciones Atmosféricas
SISCLIMA	Sistema Nacional de Cambio Climático
SMByC	Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono
SNICC	Sistema de Información sobre Cambio Climático
SO_2	Dióxido de azufre
SO_x	Óxidos de azufre
TFT	Thin Film Transistor (Transistor de Película Delgada)
SSPD	Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios
STAR	Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales
STARD	Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas
SUI	Servicios Públicos Domiciliarios
TA	Tasa de actividad
Tier	Nivel metodológico de estimación definido por el IPCC
TJ	Terajulio
TN	Nitrógeno total

TOW	Carga orgánica total generada en aguas residuales
TERT	Equipo técnico de expertos
UAESP	Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
UPME	Unidad de Planeación Minero-energética
UPRA	Unidad de Planificación Rural Agropecuaria
USAID	United States Agency for International Development (Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional)
U.S. EPA	Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos
UTO	Unidad Técnica de Ozono
VS	Volatile solids (Solidos Volatiles)
VUCE	Ventanilla Única de Comercio Exterior
WBCSD	World Business Council for Sustainable Development (Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible)
WSA	World Steel Association (Asociación Mundial del Acero)
XM	Operador y administrador del mercado eléctrico colombiano
ZNI	Zonas No Interconectadas

INTRODUCCIÓN

El Inventario Nacional de Emisiones y Absorciones Atmosféricas de Colombia de Gases de Efecto Invernadero, Contaminantes Criterio y Carbono Negro (1990-2024) es un hito que reafirma la generación de conocimiento para la acción climática en el país y el compromiso de Colombia, a escala internacional, de construir confianza mutua y lograr una implementación efectiva del Acuerdo de París. Este inventario, que constituye la radiografía técnica, científica y oficial del Estado colombiano en materia de emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero, contaminantes criterio y carbono negro, es posible gracias a la operación del Sistema Nacional de Inventarios de Emisiones y Absorciones Atmosféricas (SINGEI), bajo el cual convergen mandatos institucionales, instrumentos, conocimientos técnicos y participación de partes interesadas, bajo el liderazgo del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).

Este informe también es posible gracias a la cooperación financiera del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF), aunada al apoyo del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) como Agencia Implementadora y de la Fundación Natura como Agencia Ejecutora, así como al liderazgo técnico del Ideam, del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y del Departamento Nacional de Planeación, y al involucramiento de diversas entidades nacionales y locales, públicas y privadas, que han permitido el fortalecimiento de capacidades institucionales y la consolidación de ciclos periódicos de reporte del inventario, asegurando que tanto las Directrices del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) como las Modalidades, Procedimientos y Directrices del Marco Reforzado de Transparencia del Acuerdo de París se traduzcan en cifras que reflejan la realidad del contexto nacional.

En particular, el documento hace parte del Segundo Informe Bienal de Transparencia (BTR2) y de la Cuarta Comunicación Nacional sobre Cambio Climático (4CNCC) y constituye la base técnica para la cuantificación y el reporte de las emisiones y absorciones atmosféricas de manera transparente, consistente, comparable, completa y precisa. A lo largo de sus capítulos, el documento presenta un **Resumen Ejecutivo** con las cifras más relevantes de este inventario, así como las **Circunstancias Nacionales, los Arreglos Interinstitucionales y la Información Transversal**, incluyendo los aspectos institucionales, legales y procedimentales necesarios para la estimación, compilación y reporte oportuno de los inventarios de gases de efecto invernadero, contaminantes criterio y carbono negro. En este capítulo se destaca la inclusión transversal y pionera del enfoque de género en las estimaciones de gases de efecto invernadero. Posteriormente, se presenta el capítulo de **Tendencia de las Emisiones y Absorciones Atmosféricas**, donde se evalúa de forma rigurosa la evolución histórica de las emisiones a lo largo de más de tres décadas (1990–2024), proporcionando no solo un balance nacional, sino también un desglose de los patrones de emisión y absorción a nivel subnacional (por región, sector, departamento, municipio y autoridad ambiental) y su correlación con indicadores clave de intensidad de emisión por habitante y por unidad de Producto Interno Bruto (PIB).

En la caracterización por sectores, el documento ofrece por capítulo un análisis minucioso de cada una de las fuentes de emisión y absorción. Inicia con el sector **Energía**, examinando las emisiones provenientes de la quema de combustibles en las industrias de la energía, la manufactura, el transporte y el uso residencial, así como las emisiones fugitivas derivadas de la extracción y el transporte de carbón, petróleo y gas natural. En el sector de **Procesos Industriales y Uso de Productos (IPPU)**, se evalúan las transformaciones químicas asociadas a la producción mineral, química y metalúrgica, así como el impacto del consumo de gases fluorados utilizados como sustitutos de sustancias agotadoras de la capa de ozono. En el sector **Agricultura**, se contabilizan las emisiones derivadas de la fermentación entérica, la gestión de excretas, los cultivos de arroz, la fertilización de suelos y las quemas agrícolas. En el sector de **Silvicultura, Uso de la Tierra y Cambio de Uso de la Tierra (LULUCF)**, uno de los ejes centrales del inventario, se registra el balance entre la absorción y la emisión de carbono en bosques, pastizales y cultivos, entre otros, monitoreando la huella de la deforestación y los procesos de restauración ecológica. Finalmente, en el sector **Residuos**, se mide el impacto de la disposición de residuos sólidos y del tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales.

Por otra parte, se describen los **Recálculos y Mejoras** metodológicas y técnicas orientadas a incrementar la precisión, la exhaustividad y la coherencia temporal de las estimaciones de gases de efecto invernadero, contaminantes criterio y carbono negro para el período 1990–2024. Entre los principales avances se encuentra la transición hacia niveles metodológicos de mayor rigurosidad (Tiers superiores) mediante la adopción de factores de emisión y parámetros con especificidad nacional, reduciendo de forma sustancial los márgenes de incertidumbre. Asimismo, se llevaron a cabo recálculos sistemáticos en toda la serie histórica (1990–2024) para garantizar la comparabilidad de los datos, junto con la actualización de las fuentes de información, la refinación de metodologías espacialmente explícitas para el monitoreo de la cobertura de la tierra y la alineación con las directrices más recientes del IPCC. Finalmente, se presentan los **Anexos**, que incluyen datos de entrada, resultados y metodologías explicadas en detalle para complementar las descripciones y resultados presentados en los capítulos principales.

RESUMEN EJECUTIVO

1.1 Información de contexto de los inventarios de emisiones atmosféricas y cambio climático

El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) lidera técnicamente la construcción del Inventario de Emisiones y Absorciones Atmosféricas de Colombia (INGEI), a través del Sistema Nacional de Inventarios de Emisiones y Absorciones Atmosféricas (SINGEI), en donde por primera vez se presentan las estimaciones de gases de efecto invernadero, carbono negro y contaminantes criterio a nivel nacional y subnacional para una serie de tiempo completa de 1990 a 2024.

El SINGEI se concibe como un sistema integral cuya operación estadística está registrada ante el DANE en el Sistema de Identificación y Caracterización de Oferta y Demanda Estadística, y sus procesos están alineados con la Norma Técnica de Calidad del Proceso Estadístico (NTC PE 1000:2020), lo que garantiza transparencia, trazabilidad y calidad de la información. El Ideam adelanta actualmente el proceso de certificación de esta operación estadística ante el DANE y el desarrollo de una plataforma tecnológica que automatizará la recolección, estimación y reporte de los inventarios. El inventario, además, se elabora conforme a las Decisiones 18/CMA.1 y 5/CMA.3 sobre las Modalidades, Procedimientos y Directrices (MPG) del Marco Reforzado de Transparencia del Acuerdo de París, y con base en las Directrices del IPCC de 2006, sus refinamientos al 2019 y la Guía EMEP/EEA (2019, 2023) para contaminantes criterio y carbono negro.

A la fecha Colombia ha presentado tres Informes Bienales de Actualización, tres Comunicaciones Nacionales sobre Cambio Climático y un Informe Bienal de Transparencia. Con el presente reporte añade a la lista la presentación conjunta del Segundo Informe Bienal de Transparencia y Cuarta Comunicación Nacional sobre Cambio Climático dando continuidad a los procesos de mejora continua del inventario y respuesta a los compromisos nacionales e internacionales. Para el presente ciclo de reporte, el Ideam ha avanzado en un proceso de estandarización integral de la construcción y compilación del inventario, tanto para gases de efecto invernadero como para carbono negro y otros contaminantes climáticos de vida corta. Este proceso ha incluido la revisión y consolidación del árbol de categorías IPCC, la homologación de fuentes de información, la organización de los datos de actividad y factores de emisión, la estandarización de bases de datos y cálculos, así como el fortalecimiento de la trazabilidad de los cálculos y de los procedimientos de control de calidad.

En ese sentido, las estimaciones más recientes responden a un ejercicio de compilación más estructurado y trazable, orientado a asegurar consistencia metodológica entre sectores, categorías, contaminantes y años de la serie temporal.

1.2 Resumen general de la tendencia de las emisiones y absorciones atmosféricas nacionales

En 2024, las emisiones brutas de gases de efecto invernadero (GEI) de Colombia fueron de 297.058,7 kt de CO_2eq y las absorciones alcanzaron -20.325,9 kt de CO_2eq, resultando en 276.732,8 kt de CO_2eq de emisiones netas nacionales.

El sector Energía es el principal emisor (38,1%), impulsado por el subsector transporte y las industrias de la energía; el 90,9% de sus emisiones provienen de la quema de combustibles y el 9,1% de emisiones fugitivas (minería de carbón, petróleo y gas). Le sigue LULUCF (27,4%), asociado principalmente a la conversión de bosque natural a tierras forestales, la degradación forestal y la conversión a pastizales. Agricultura aporta el 21,0%, con la fermentación entérica bovina, la gestión de suelos agrícolas y la gestión del estiércol como principales fuentes. Residuos participa con 9,4% (disposición de residuos sólidos y tratamiento de aguas residuales) e IPPU con 4,2% (industria del cemento y sustitutos de sustancias agotadoras de la capa de ozono).

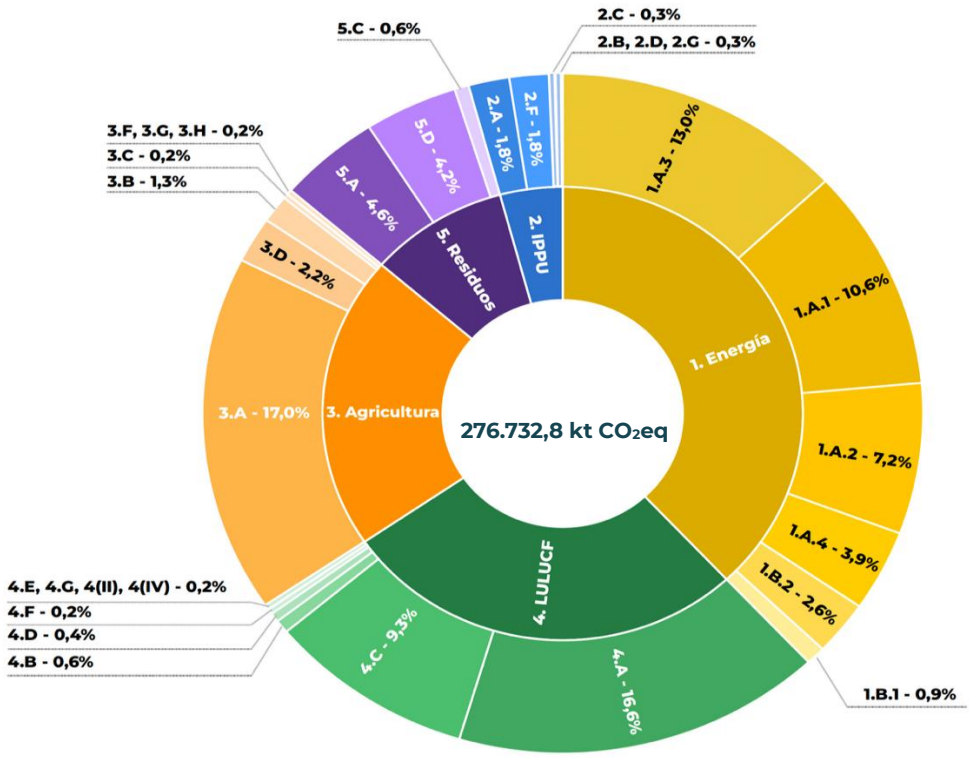


Figura 0-1. Emisiones netas de GEI (2024) [kt CO_2eq]

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 0-1. Variación de las emisiones netas de GEI (1990 vs 2024) y Participación en las emisiones netas de GEI por sector IPCC (2024)

Sector IPCC	Emisiones netas 1990 (kt CO_2eq)	Emisiones netas 2024 (kt CO_2eq)	% Variación (1990 vs 2024)	% del total nacional (2024)
1. Energía	51.104,3	105.306,2	106,1%	38,1%
2. Procesos industriales y uso de productos (IPPU)	4.272,8	75.741,8	173,1%	4,2%
3. Agricultura	40.175,9	58.033,4	44,4%	21,0%
4. Silvicultura, uso y cambio de uso de la tierra (LULUCF)	120.054,1	25.982,2	-36,9%	27,4%
5. Residuos	9.423,2	11.669,2	175,7%	9,4%
Total	**225.030,4**	**276.732,8**		**100%**

Fuente: Elaboración propia.

Entre 1990 y 2024, las emisiones netas nacionales de GEI aumentaron 23,0%, al pasar de 225.030,4 a 276.732,8 kt CO_2eq. En el mismo periodo, las absorciones del sector LULUCF crecieron 253,7% (de -5.746,7 a -20.325,9 kt CO_2eq), reflejando el fortalecimiento de sumideros como cultivos permanentes (café, palma, cacao), plantaciones forestales comerciales y pastizales. Por gas, entre 1990 y 2024 el CO_2 aumentó 5,7%, el CH_4 65,8% y el N_2O 63,5%, mientras los gases fluorados muestran tendencia creciente sostenida. Un hallazgo relevante del BTR2 es el cambio estructural en la composición del inventario: mientras LULUCF predominaba históricamente, en años recientes el sector Energía —liderado por transporte— se consolida como el de mayor participación en las emisiones netas del país.

Tabla 0-2. Participación en las emisiones netas por GEI (2024)

Gas de efecto invernadero	% de las emisiones netas 2024
CO_2	64,2%
CH_4	30,4%
N_2O y gases fluorados (HFC, PFC, SF_6)	5,4%

Fuente: Elaboración propia.

El dióxido de carbono (CO_2) es responsable del 64,2% de las emisiones netas, seguido del metano (CH_4) con 30,4%; el óxido nitroso (N_2O) y los gases fluorados (HFC, PFC, SF6) suman el 5,4% restante. Cabe destacar que los HFC (usados como sustitutos de sustancias agotadoras de la capa de ozono en refrigeración) alcanzan 4.863,5 kt CO_2eq, un valor no despreciable dentro del compilado nacional.

Tabla 0-3. Variación de las emisiones de CN (1990 vs 2024)

Contaminante	Emisiones 1990 (kt)	Emisiones 2024 (kt)	% Variación (1990 v 2024)
CO	1.640,2	3.236,2	97,3%
COVDM	358,2	877,2	144,9%
SO_x	156,6	447,8	186,0%
NO_x	167,9	415,3	147,3%
NH_3	70,7	128,0	80,9%
CN	15,5	21,8	40,9%
PM10	166,4	194,9	17,2%
PM2.5	146,2	157,9	8,0%
SO_2	3,2	3,2	-0,5%

Fuente: Elaboración propia.

El sector Energía concentra entre el 70% y el 97% de las emisiones nacionales para siete de los nueve contaminantes analizados (CO, COVDM, CN, PM_{10}, $PM_{2.5}$, SO_x y NO_x), principalmente por transporte terrestre y combustión residencial de leña/biomasa. La excepción es el amoniaco (NH_3): el 79% de sus emisiones de 2024 proviene del sector Agricultura, en especial de la gestión de estiércol porcino y de otras especies pecuarias.

1.3 Panorama general de las emisiones y absorciones atmosféricas subnacionales

Las emisiones del sector Energía se concentran principalmente en las carteras de Mintransporte y Minenergía, seguidas del sector industrial (Mincomercio), saneamiento básico (Minvivienda) y agropecuario (Minagricultura). El uso de sustitutos de sustancias agotadoras de la capa de ozono (SAO) tiene participación considerable en la cartera de Minambiente. Las emisiones por tierras forestales y tierras de cultivo contribuyen de forma importante a la bolsa común de Deforestación, mientras que pastizales, humedales y otras tierras se gestionan principalmente bajo Minagricultura.

En 2024, las carteras con mayor participación en las emisiones nacionales fueron, en su orden: Deforestación, Minagricultura, Minenergía y Mintransporte, coherente con la tendencia por sector IPCC donde predominan transporte, industrias de la energía y la deforestación/cambio de uso del suelo. Por tipo de gas: el CO_2 se concentra en Deforestación, Minenergía y Mintransporte; el CH_4 en Minagricultura, Minvivienda, Mincomercio y Minenergía; y el N_2O principalmente en Minagricultura.

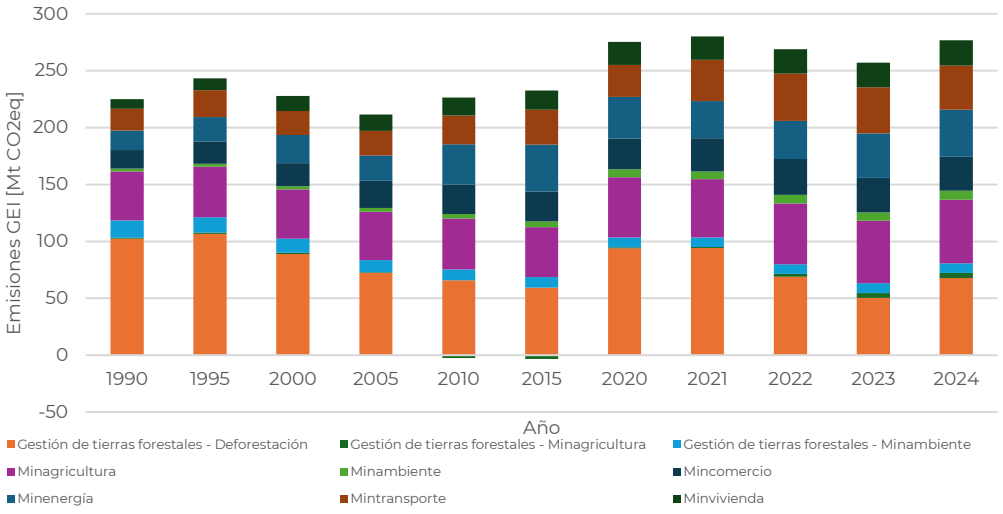


Figura 0-2. Emisiones netas de GEI por sector cartera (1990-2024) [Mt CO_2eq].

Fuente: Elaboración propia.

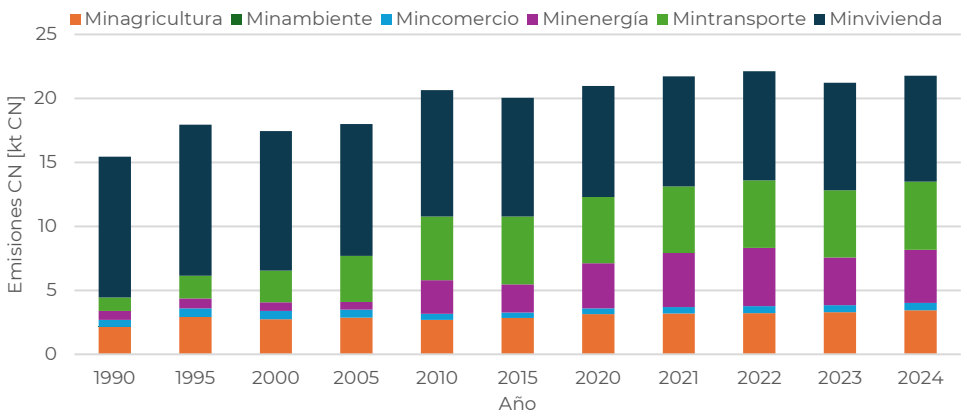


Figura 0-3. Emisiones de CN por sector cartera (1990-2024) [kt CN]

Fuente: Elaboración propia.

Las regiones por tipo de bioma que presentan mayores emisiones de GEI son la Andina, Caribe y Amazonía, con los departamentos de Antioquia, Caquetá, Meta, Santander y Bogotá DC. Este último junto con San Vicente del Caguán, Cartagena del Chairá, La Macarena, San José del Guaviare, Barrancabermeja, Cartagena de Indias, Puerto Guzmán, Medellín y Barranquilla lideran las emisiones netas de GEI a nivel municipal.

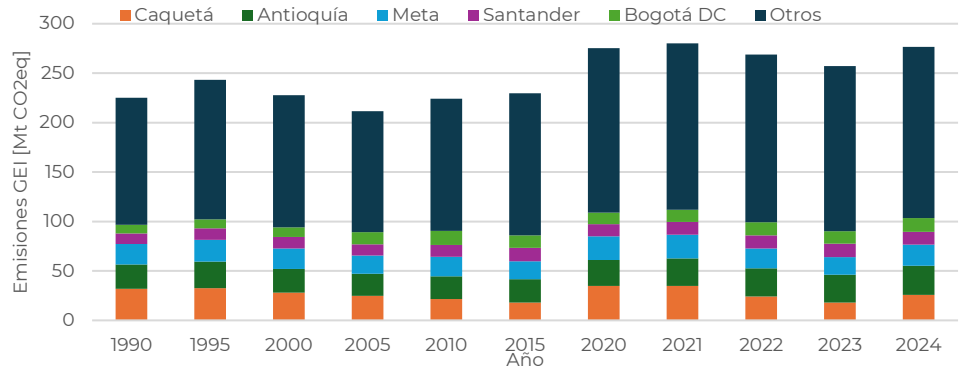


Figura 0-4. Emisiones netas de GEI por departamento de Colombia (1990-2024) [Mt CO_2eq].

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a las emisiones de carbono negro, las regiones que lideran las emisiones son la Andina y Caribe, con los departamentos de Cundinamarca, Antioquía, Bogotá DC, Valle del Cauca y Boyacá, además del distrito capital, estas emisiones son lideradas a nivel municipal por Medellín, Soacha, Santiago de Cali y San José de Cucuta.

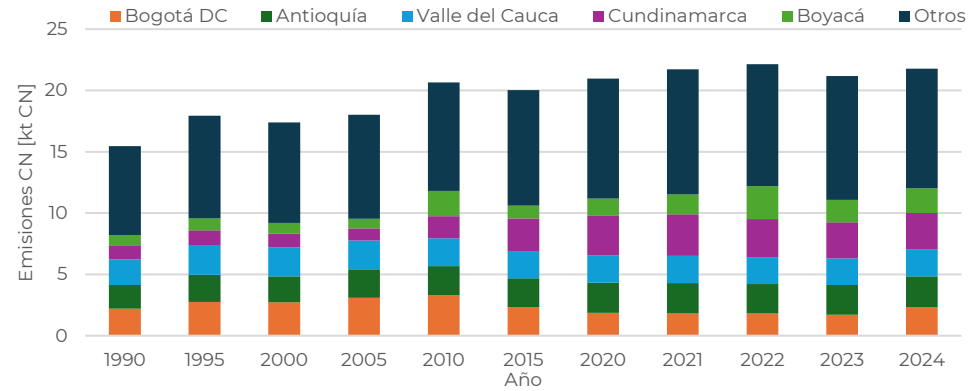


Figura 0-5. Emisiones de CN por departamento de Colombia (1990-2024) [kt CN].

Fuente: Elaboración propia.

1.4 Análisis de categorías principales en el inventario de emisiones y absorciones atmosféricas nacionales

El análisis de categorías clave para el inventario de emisiones y absorciones atmosféricas se realiza siguiendo las Directrices del IPCC por método 1 y método 2 de aproximación, por nivel y por tendencia, considerando o no la incidencia de las estimaciones de LULUCF siguiendo la Decisión 18/CMA1. Contemplando las estimaciones de los 5 sectores se resaltan como categorías clave para el inventario de GEI:

- 1.A.1. Industrias de la energía
- 1.A.2. Industrias manufactureras y construcción
- 1.A.3. Transporte
- 1.A.4. Otros sectores
- 1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía
- 2.A.1. Producción de cemento
- 2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado
- 3.D.1 Emisiones directas de N2O de suelos gestionados
- 4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales
- 4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales
- 4.C.1. Pastizales que permanecen como tales
- 4.C.2. Tierras convertidas a pastizales
- 5.A.1 Sitios gestionado de residuos sólidos
- 5.D.2. Tratamiento y eliminación aguas residuales industriales

Para mayor información consulte la sección 1.4 del Capítulo 1.

1.5 Análisis de incertidumbre en el inventario de emisiones y absorciones atmosféricas nacionales

La evaluación de la incertidumbre del inventario de emisiones y absorciones de GEI se realiza siguiendo el método de propagación de error para los 5 sectores IPCC. Para el año 2024 la incertidumbre de las emisiones netas fue de ±3,0 %, distribuidos por sector de la siguiente manera:

- Energía: ±6,1 %
- IPPU: ±11,0 %
- Agricultura: ±3,3 %
- LULUCF: Emisiones totales ±4,6 %, Absorciones ±2,4 %.
- Residuos: ±4,2 %

Así mismo, las incertidumbres por GEI para el año 2024 fueron:

- CO_2: ±1,9 %
- CO_2 (Absorciones): ±2,4 %
- CH_4: ±4,1 %
- N_2O: ±7,3 %

Para mayor información consulte la sección 1.6 del Capítulo 1.

1.6 Mejoras introducidas en el inventario de emisiones y absorciones atmosféricas nacionales

De acuerdo con las modalidades, procedimientos y directrices (MPG) del Marco Reforzado de Transparencia, se desarrolla un plan de mejora para cada sector del INGEI para fortalecer la calidad, precisión y transparencia de la estimación de emisiones del inventario, a fin de asegurar la confiabilidad y credibilidad de la información compilada y reportada.

- El plan de mejora para el inventario se construye a partir de:
- La priorización de categorías clave, enfatizando en aquellas que no poseen un nivel metodológico superior (tier) de estimación, de acuerdo con los lineamientos de las MPG.
- Gestión de categorías no estimadas, categorías identificadas como insignificantes.
- Hallazgos de procesos de aseguramiento de la calidad de agentes externos (sectores, expertos, entre otros).

- Recomendaciones del examen técnico de expertos del ciclo anterior de reporte (BTR1) por parte de la CMNUCC.
- Plan de mejora identificado en el reporte anterior (BTR1).
- Acciones para lograr la gestión y reducción de incertidumbre del inventario.
- Nuevas oportunidades de mejora identificadas dentro de la ejecución del ciclo de inventario actual.

El plan de mejora del INGEI de Colombia en sus diversos sectores se centra en:

- Revisar y actualizar las metodologías de estimación de cálculo de emisiones nacionales.
- Propender por el uso de métodos de estimación de nivel superior (nivel 2 o 3) y el desarrollo de factores de emisión nacionales con priorización de aquellas categorías clave.
- Mejorar la representatividad y calidad de datos empleados en la estimación.
- Identificar e incorporar nuevas fuentes de información para optimizar la calidad de los datos reportados, incorporar nuevas subcategorías y determinar categorías insignificantes en términos de emisiones de conformidad con las MPG.
- Fomentar el desarrollo de capacidades de los actores relevantes del SINGEI y mejorar la divulgación del SINGEI.
- Establecer acuerdos interinstitucionales con sectores o entidades clave para la gestión y generación oportuna de la información hacia el SINGEI.
- Fomentar la participación colectiva del sector público, privado y la academia en la construcción de las estimaciones y resaltar la importancia del SINGEI.
- Fomentar el desarrollo y uso de herramientas para la generación y análisis de resultados.

1 CIRCUNSTANCIAS NACIONALES, ARREGLOS INTERINSTITUCIONALES E INFORMACIÓN TRANSVERSAL

AUTORES

Daniela Maria Bernal Escobar (Ideam - Fundación Natura – PNUD), Jhonatan Andrés Arias Zapata (Ideam - Fundación Natura – PNUD), Laura Carolina Niño Moreno (Ideam - Fundación Natura – PNUD), Laura Maria Aranguren Niño (Ideam - Fundación Natura – PNUD), Leonardo Alfredo Pineda Pardo (Ideam), Sergio Andrés Garces Jimenez (Ideam - Fundación Natura – PNUD), Fiorella López Uribe (Ideam - Fundación Natura – PNUD)

COLABORADORES

Carol Samanta Narváez Blanco (Ideam - Fundación Natura – PNUD)

1.1 Información general sobre inventarios de emisiones y absorciones atmosféricas y el cambio climático

La construcción del INGEI es liderada por el SINGEI un sistema de información vinculado al Sistema de Monitoreo Reporte y Verificación de las acciones de Mitigación a nivel nacional, regulado bajo la Resolución 1447 de 2018 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Minambiente), como parte del Sistema de Información sobre Cambio Climático (SNICC) (artículo 26 de la Ley 1931 de 2018, Ley de Cambio Climático de Colombia) (Pineda Pardo et al., 2025) (Ver Figura 1-1). El SINGEI tiene como propósito garantizar la transparencia y calidad del reporte de las estimaciones de emisiones y absorciones atmosféricas de origen antropogénico, dentro de los esfuerzos de la gestión de cambio climático.

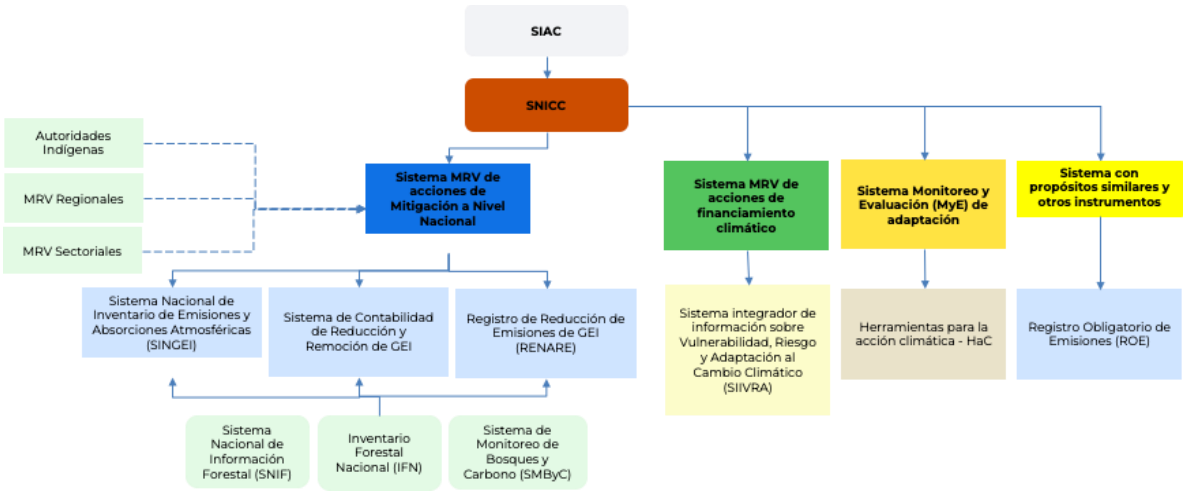


Figura 1-1. El SINGEI como parte del SNICC.

Adaptado de: (Minambiente et al., 2026)

En la siguiente figura se resume el marco normativo nacional en materia de cambio climático:

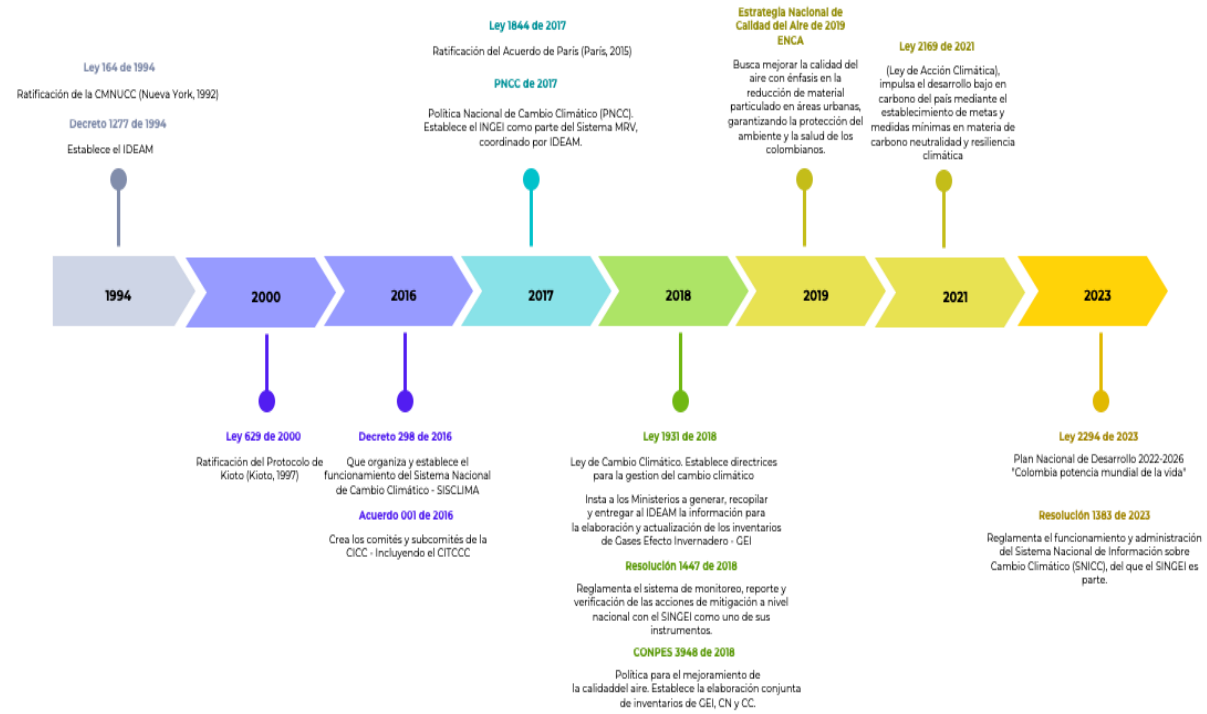


Figura 1-2. Marco Normativo Nacional en Materia de Cambio Climático.

Fuente: Elaboración propia a partir de: (Ideam, 2026)

1.1.1 Inventarios nacionales de emisiones y absorciones atmosféricas

Desde 2001 Colombia ha presentado tres Comunicaciones Nacionales sobre Cambio Climático, tres Informes Bienales de Actualización y un Informe Bienal de Transparencia, como se resume en la siguiente tabla:

Tabla 1-1. Reportes de inventarios de emisiones y absorciones atmosféricas de Colombia ante la CMNUCC.

Reporte	Año de envío a la CMNUCC	Año del INGEI reportado
Primera comunicación Nacional	2001	1990 y 1994
Segunda comunicación Nacional	2010	2000 y 2004
Primer Informe Bienal de Actualización	2015	Actualización de los inventarios de los años 1990, 1994, 2000 y 2004 y estimación del inventario para los años 2010 - 2012
Tercera Comunicación Nacional	2017	Inventarios anuales para la serie de tiempo de 1990 a 2012, incluyendo actualización de los 6 inventarios presentados previamente
Segundo Informe Bienal de Actualización	2018	Actualización de los inventarios para la serie de tiempo 1990 – 2012 y estimación del inventario para los años 2013 y 2014
Tercer Informe Bienal de Actualización	2021	Actualización de los inventarios para la serie de tiempo 1990 – 2014 y estimación del inventario para los años de 2015 a 2018. Inclusión del inventario de Carbono Negro y Gases Precursores para la serie 2010 – 2018.
Primer Informe Bienal de Transparencia	2024	Actualización de los inventarios para la serie de tiempo 1990 – 2018 y estimación del inventario para los años de 2019 a 2021. Inclusión del inventario de Carbono Negro y contaminantes criterio para la serie 2010 – 2021.

Fuente: Elaboración propia

El presente informe abarca el comportamiento de las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero, carbono negro y contaminantes criterio para el periodo 1990 a 2024, bajo el Segundo Informe Bienal de Transparencia y la Cuarta Comunicación Nacional sobre Cambio Climático. Este inventario presenta una serie exhaustiva estimada bajo un árbol de categorías homologado entre las desagregaciones establecidas por el IPCC para las estimaciones de GEI y la Guía EMEP/EEA para las estimaciones de otros contaminantes (Ver Anexo 1.1. Árbol de categorías del SINGEI).

1.2 Descripción de las circunstancias nacionales y arreglos interinstitucionales

1.2.1 Entidad nacional o punto focal nacional

De acuerdo con la Política Nacional de Cambio Climático (2017) y el Decreto 291 de 2004, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam), adscrito al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Minambiente), en especial el Grupo de Cambio Global de la Subdirección de Estudios Ambientales, es la entidad pública de apoyo técnico y científico, encargada de la elaboración y gestión de aprobación de los informes de los inventarios de emisiones y absorciones atmosféricas de Colombia. Para ello ha contado con el apoyo de los proyectos GEF " CBIT Transparencia climática Colombia" y “Cuarta Comunicación Nacional de Cambio Climático de Colombia y Primer y Segundo Informe Bienal de Transparencia (1BTR, 4NC+2BTR)”.

La elaboración del INGEI es un proceso colaborativo y participativo entre las instituciones nacionales del sector público, privado, la academia, ministerios, autoridades ambientales y agremiaciones que generan estadísticas nacionales y sectoriales como fuente de información para la cuantificación del inventario.

El Comité de Información Técnica y Científica de Cambio Climático (CITCCC), como institución de coordinación nacional de los mecanismos de transparencia en el país y cuya secretaría técnica está liderada por el Ideam, facilita el proceso de articulación interinstitucional a través de la coordinación de acciones para la producción, comunicación y gestión de información técnica y científica para la toma de decisiones para la gestión de cambio climático. Sin embargo, es en la Comisión Intersectorial de Cambio Climático (CICC) como órgano del SISCLIMA, donde se revisa y aprueban las comunicaciones nacionales, los reportes bienales de transparencia y los informes de los inventarios de emisiones atmosféricas conforme a las Modalidades, Procedimientos y Directrices del Acuerdo de París.

1.2.2 Proceso de elaboración del inventario

El SINGEI es el sistema de información mediante el cual se recopila, almacena, procesa, analiza y divulgan los resultados de las estimaciones nacionales y subnacionales de emisiones atmosféricas. Corresponde a un sistema integral desarrollado con base en cuatro áreas: mandatos institucionales, sistemas e instrumentos, conocimientos técnicos y participación de las partes interesadas. Su proceso se encuentra enmarcado dentro de la Norma Técnica de la Calidad del Proceso Estadístico del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) (NTC PE 1000:2020), por lo cual las 6 fases del ciclo del inventario se han homologado a las fases de la Operación Estadística del SINGEI, como se evidencia en la siguiente figura:



Figura 1-3. Fases del Ciclo del INGEI dentro del Proceso Estadístico del SINGEI.

Fuente: Elaboración propia

Colombia está en la búsqueda del proceso de certificación de la operación estadística del SINGEI y para ello ha avanzado en un proceso de estandarización y gestión documental para soportar cada una de las fases del proceso estadístico. En la siguiente tabla se resumen los principales instrumentos:

Tabla 1-2. Principales instrumentos del proceso estadístico del SINGEI relacionados con el INGEI

Fase	Instrumento
1. Detección y análisis de necesidades	-Encuesta de detección de necesidades
2. Diseño	-Documento metodológico -Ficha metodológica -Plan general
3. Construcción	• Manual de acopio • Manual de procesamiento y calculo de emisiones • Manual de estimación y gestión de incertidumbre • Manual de procesamiento de proyecciones de emisiones • Manual de análisis de resultados • Manual de crítica, validación y aseguramiento de calidad • Manual operativo del sistema de archivo y gestión documental
4. Acopio	-Bases de datos: • B0: Almacena los datos de actividad crudos (Entregados por las fuentes de datos) • B2: Almacena los datos de actividad transformados para el cálculo de la emisión • F2: Almacena los factores de emisión, constantes, supuestos requeridos para el cálculo de la emisión -Matriz de seguimiento a solicitudes de información -Repositorio de solicitudes de información

Fase	Instrumento
	-Resultados de QC -Informe de cierre de la fase de acopio
5. Procesamiento	-Bases de cálculo: • SectorCal: Base de estimación de emisiones y absorciones • Bases de cálculo de incertidumbre • Bases de cálculo de estimación de categorías clave • Bases de estimaciones de emisiones proyectadas -Resultados de QC -Informe de cierre de la fase de procesamiento
6. Análisis	-Análisis de tendencias -Diseño y priorización de plan de mejora sectorial -Validación de resultados y planes de mejora con los sectores
7. Difusión	-Construcción de NID, CRT, BTR, CN
8. Evaluación	-Informe de auditoria interna -Informe de auditoria externa -Informe de la fase de evaluación -Reporte de indicadores
9. Mejora	-Informe de avance en la implementación de mejoras respecto al ciclo anterior -Informe del plan de mejora actualizado para el siguiente ciclo

Fuente: Elaboración propia

Así mismo, Colombia avanza en el desarrollo de una plataforma tecnológica de SINGEI, que se encuentra conformada los módulos descritos en la siguiente figura. Este desarrollo tecnológico busca optimizar la construcción del inventario nacional y subnacional considerando las circunstancias y particularidades nacionales.

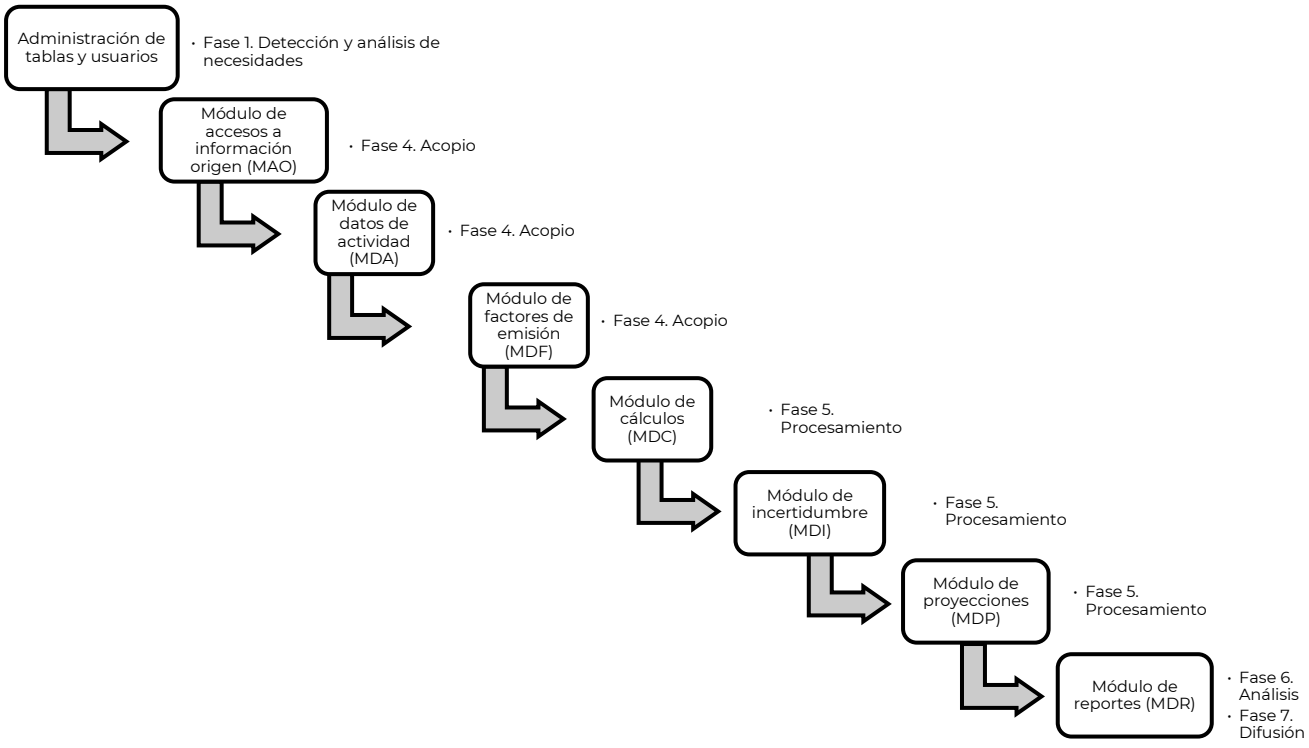


Figura 1-4. Módulos de la plataforma SINGEI y su relación con el proceso estadístico del SINGEI.

Fuente: Elaboración propia

Como se ha mencionado, en el proceso de construcción del INGEI, existe una articulación interinstitucional con diferentes actores. A continuación, se presenta un resumen de los principales actores y sus roles:

Tabla 1-3. Actores y roles para la gestión del INGEI.

Actor	Rol
Ideam	Coordinar, gestionar y producir la información para la construcción del INGEI como líder técnico del CITCCC y el SINGEI.
Miembros de la CICC, instituciones de investigación y planificación, DANE	Producir los insumos requeridos por el Ideam para la construcción del NIR. Prestar apoyo técnico y científico ante la gestión del cambio climático.
Demás entidades, empresas, sector privado e instituciones de investigación y planificación que no conforman la CICC, sector privado y la academia	Proveer la información requerida para la estimación del INGEI.

Fuente: Elaboración propia

Así mismo, en el marco del proceso estadístico se identifican usuarios externos e internos. Dentro los usuarios externos se identifican todos aquellos actores del sector público, privado o la academia que usan la información resultante del SINGEI para la toma de decisiones y sus procesos de investigación y creación científica, entre ellos se identifican miembros o no de la CICC, quienes apoyan la producción de insumos, la gestión y suministro de la información y/o el acompañamiento técnico-científico. Posteriormente, esta información es usada por los miembros del equipo técnico del SINGEI (usuarios internos), para elaborar el informe del inventario, en la figura a continuación se aprecia la estructura:

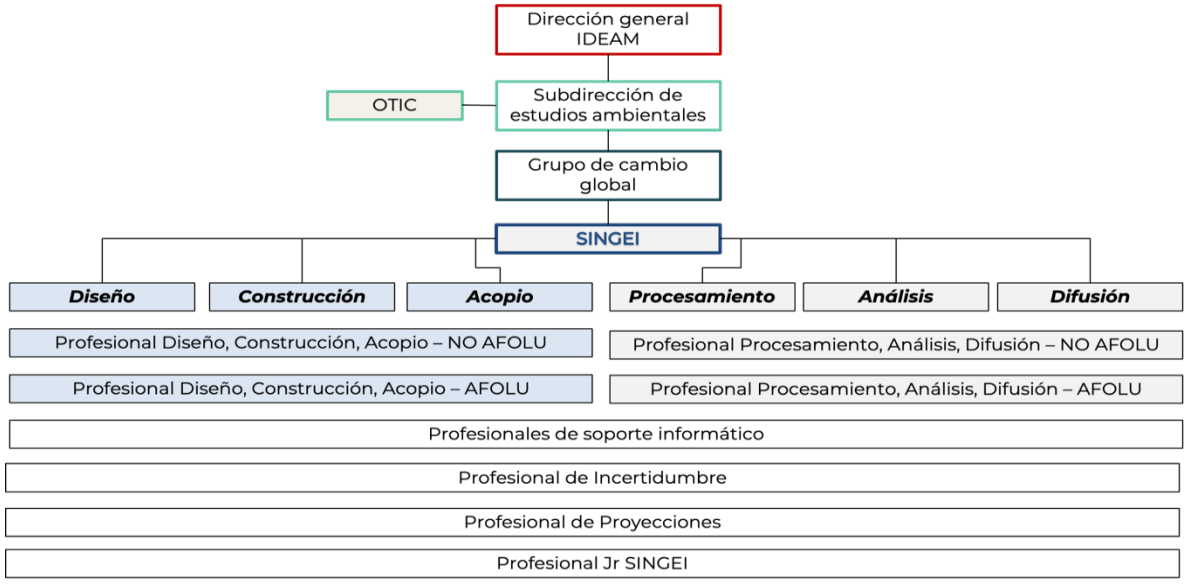


Figura 1-5. Roles clave en el proceso de elaboración del SINGEI

Nota: OTIC: Oficina de Tecnologías de Información y las comunicaciones

Fuente: Elaboración propia

1.2.3 Archivo de la información

La información se encuentra almacenada en un repositorio interno del Ideam, organizado por ciclo de reporte conforme al Manual Operativo del Sistema de Archivo y Gestión Documental del SINGEI, y administrado por el Grupo de Cambio Global de la Subdirección de Estudios Ambientales. Cada subcarpeta de cada ciclo se encuentra subdividida por las fases del proceso estadístico del SINGEI, almacenando dentro de ellas los instrumentos, evidencias y formatos que soportan el funcionamiento de cada etapa.

Este sistema de archivo garantiza la trazabilidad, organización y seguridad de la información del inventario, incluyendo los soportes de la fase de acopio o recopilación de información, las bases de datos, las bases de procesamiento o cálculo, los reportes, entre otros. La siguiente figura resume el esquema de almacenamiento de la información:



Figura 1-6. Estructura general del sistema de archivo de SINGEI

Fuente: Elaboración propia

1.2.4 Proceso para la revisión y la aprobación oficial del inventario

Una vez se cuenta con la consolidación de las estimaciones del INGEI, el equipo técnico procede a realizar talleres de socialización para cada uno de los sectores para presentar los resultados obtenidos, identificar oportunidades de mejora y posibles nuevas fuentes de información. En estas sesiones se cuneta con la participación de proveedores de información, gremios y ministerios cartera sectoriales. Posteriormente, el Ideam aprueba los resultados y continua con la construcción del informe del inventario junto con sus tablas de reporte común (CRT). Una vez finalizada la construcción del NID, el documento se somete a una revisión de pares expertos, como parte del aseguramiento de calidad, establecido en el Manual de Crítica, Validación y Aseguramiento de la Calidad del SINGEI.

Para el presente reporte el proceso de QA fue realizado por entidades nacionales, como el DNP, complementando con la interacción sostenida entre el equipo técnico del inventario y el equipo responsable del desarrollo de la plataforma destinada a la elaboración del inventario, en el marco de la implementación de dicha herramienta. Dichas recomendaciones y comentarios son priorizadas por el equipo técnico del SINGEI, ejecutadas conforme a dicho plan de priorización.

Finalmente, el Ideam socializa el NIR ante la CICC para su aprobación, siendo esta la instancia encargada de "coordinar las acciones relacionadas con la producción, comunicación y gestión de la información técnica y científica como insumo de los procesos y de la toma de decisiones para la gestión del cambio climático y de las instancias del SISCLIMA" (Comisión intersectorial de cambio climático, 2016). Con este visto bueno, el Ideam entrega el reporte ante la CMNUCC, como parte del Informe Bienal de Transparencia de Colombia o Comunicación Nacional, según proceda.

1.3 Descripción de las metodologías, métodos y fuentes de información

El inventario de emisiones y absorciones atmosféricas emplea las Directrices del IPCC 2006 o sus refinamientos al 2019 para realizar las estimaciones de GEI. También usa la Guía técnica para la elaboración de inventarios nacionales de emisiones de contaminantes atmosféricos (EMEP/EEA 2019) para la estimación de emisiones de carbono negro y contaminantes criterio. Los contaminantes contemplados en el inventario son:

Tabla 1-4. Contaminantes estimados en el INGEI de Colombia

Tipo	Símbolo químico	Nombre	Potencial de calentamiento global (AR5)
Gas de efecto invernadero (GEI)	CO_2	Dióxido de carbono	1
	CH_4	Metano	28
	N_2O	Óxido nitroso	265
	CHF_3	HFC-23. Hidrofluorocarbono	12.400
	CH_2F_2	HFC-32. Hidrofluorocarbono	677
	CHF_2CF_3	HFC-125. Hidrofluorocarbono	3.170
	CH_2FCF_3	HFC-134a. Hidrofluorocarbono	1.300
	CH_3CF_3	HFC-143a. Hidrofluorocarbono	4.800
	CH_3CHF_2	HFC-152a. Hidrofluorocarbono	138
	CF_3CHFCF_3	HFC-227ea. Hidrofluorocarbono	3.350
	$CHF_2CH_2CF_3$	HFC-245fa. Hidrofluorocarbono	858
	$CH_3CF_2CH_2CF_3$	HFC-365mfc. Hidrofluorocarbono	804
	$CF_3CHFCHFCF_2CF_3$	HFC-43-10mee. Hidrofluorocarbono	1.650
	CF_4	PFC-14. Perfluorocarbono	6.630
	C_2F_6	PFC-116. Perfluorocarbono	11.100
	C_3F_8	PFC-218. Perfluorocarbono	8.900
	SF_6	Hexafluoruro de azufre	23.500
Carbono negro	CN	Carbono negro	NA
Contaminante criterio	CO	Monóxido de carbono	NA
	COVDM	Compuestos orgánicos volátiles diferentes al metano	NA
	NO_x	Óxidos de nitrógeno	NA
	NH_3	Amoniaco	NA
	SO_x	Óxidos de azufre	NA
	SO_2	Dióxido de azufre	NA
	PM_{10}	Material particulado menor o igual a 10 µm	NA
	$PM_{2.5}$	Material particulado menor o igual a 2.5 µm	NA

Fuente: Adaptado de GHG Protocol, 2014

Del Capitulo 3 al Capítulo 7 del presente documento, se puede consultar por sector, categoría y subcategoría la información detallada sobre las fuentes de información, la descripción metodológica, los datos de actividad, los factores de emisión, procesamientos y supuestos de interés para garantizar la transparencia del inventario. A continuación, se resumen algunos aspectos relevantes por sector:

- **Energía:** En el sector de energía se resaltan las emisiones por el sector transporte terrestre principalmente por la quema de combustibles fósiles como diésel y gasolina, las industrias de la energía con el desarrollo de las termoeléctricas, el consumo de combustibles en la industria manufacturera y las emisiones fugitivas derivadas de la extracción de petróleo, gas y carbón.

  Los principales contaminantes estimados en el sector son: CO_2, CH_4, N_2O, CO, COVDM, SO_x y NO_x, mayoritariamente en tier 1, aunque algunas estimaciones del sector transporte se realizan en nivel superior.

  Las principales fuentes de información del sector corresponden al Ministerio de Minas y Energía (Equipo MRV), el Ministerio de Transporte (RUNT), La Unidad de Planeación Minero-energética (UPME) con el Balance energético colombiano (BECO), la Aeronáutica civil, la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) y la Agencia Nacional de Minería (ANM), entre otros. Así mismo se incluye el desarrollo del método de referencia, como una metodología de control de calidad de las estimaciones de CO_2 por consumo de combustibles fósiles, y la estimación de emisiones informativas por la aviación y la navegación internacional.

- **Procesos industriales y uso de productos (IPPU):** En el sector industrial colombiano, desde el punto de vista de procesos y uso de productos, se resaltan las emisiones por el desarrollo de la industria de los minerales (Cemento, cal y vidrio), la industria química (Amoniaco, ácido nítrico), la industria de los metales (Hierro y acero), el uso no energético de combustibles y solventes (Lubricantes y cera de

parafina), el uso de las sustancias sustitutas de las SAO (HFC y PFC en refrigeración y aire acondicionado) y la industria electrónica y de alimentos y bebidas.

Los principales contaminantes estimados son: CO_2, CH_4, N_2O, HFC, PFC, SF_6 y COVDM. La mayoría de las estimaciones son tier 1, las estimaciones por la producción de cal, vidrio y otros usos de la ceniza de sosa son tier 2 al lograr desagregar los datos de actividad por tipo de material, las estimaciones por el uso de sustitutos de las SAO son tier 1a con enfoque en factores de emisión y se resalta el esfuerzo de estimación en nivel 3 para la producción de ácido nítrico al obtener datos de actividad y factores de emisión por planta.

Como proveedores de información se resaltan el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) con la Encuesta Anual Manufacturera (EAM), las empresas del sector y agremiaciones como PROCEMCO y ANDI.

- **Agricultura:** En este sector se contabilizan las emisiones por la gestión del ganado con la fermentación entérica y la gestión del estiércol, y la gestión o manejo del suelo para el desarrollo agropecuario con el uso de fertilizantes, urea y cal.

  Los principales contaminantes estimados son: CH_4, N_2O, CO y NH_3 con tier 1 avanzado (Porcinos y aves) y 2. Particularmente para el ganado bovino se emplea tier 2 con el uso de los factores de emisión definidos por el Modelo AFOLU 1 Colombia (Moreno Quitian et al., 2021).

  Para este sector las principales fuentes de información corresponden a censos pecuarios provistos por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA), agremiaciones como FEDEGAN, FAO, PORKOLOMBIA, FENAVI, FEDEARROZ y centros de investigación como AGROSAVIA y CIAT, entre otros.

- **Silvicultura, uso y cambio de uso de la tierra (LULUCF):** En este sector se contabilizan los balances de carbono por las permanencias de tierras forestales, pastizales, cultivos, etc., la deforestación (conversión de bosque a pastizales o cultivos) y en general los cambios de la cobertura de la tierra nacional, incluyendo humedales, asentamientos y quema de biomasa (Incendios).
-
- Se estiman emisiones de CO_2, CH_4, N_2O, siendo informativas las emisiones de CO_2, carbono negro y contaminantes criterio por quema de biomasa. Los niveles metodológicos de estimación son superiores (tier 2).

  Para el sector LULUCF, las principales fuentes de información corresponden a los cambios de cobertura reportados por el Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono del Ideam, los mapas de Corin Land Cover, el Inventario Forrestal Nacional y el Sistema de Información Forestal del Ideam.

- **Residuos:** En este sector se contabilizan las emisiones por la gestión de residuos sólidos en sitios gestionados, la incineración abierta de residuos y el tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas e industriales. Predominan las emisiones de CH_4, CO y COVDM. Particularmente para la aplicación del modelo FOD se emplea tier 2, sin embargo, para las demás estimaciones se emplea tier 1.

  Las principales fuentes de información son el Ministerio de Vivienda, la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, las autoridades ambientales, el Registro Único Ambiental (RUA) y el registro de Residuos Peligrosos (RESPEL) del Ideam y la Encuesta Anual Manufacturera (EAM) y Encuesta de calidad de vida (ECV) del DANE, entre otros.

Con base en lo anterior, en el Anexo 1.2. Ecuaciones del SINGEI se relaciona el listado de ecuaciones para las estimaciones del inventario de emisiones y absorciones atmosféricas. Además, en los anexos (Anexo 1.3. Tabla de exhaustividad de datos de actividad y Anexo 1.4. Tabla de exhaustividad de factores de emisión) se relacionan las fuentes de información para datos de actividad y factores de emisión.

1.4 Descripción de las categorías principales

El análisis de categorías clave para el inventario de emisiones y absorciones atmosféricas se realiza tanto para las estimaciones de GEI como para las estimaciones de carbono negro y contaminantes criterio, de acuerdo con las metodologías descritas por el IPCC (2006 y 2019) y la Guía EMEP/EEA 2019. Para el inventario de GEI se emplean los dos métodos de aproximación (Método 1 y Método 2), por nivel y por tendencia, mientras que para las estimaciones de carbono negro y otros contaminantes únicamente se usa el Método 1 por nivel y tendencia. Para ello se selecciona para el nivel de desagregación del árbol de categorías con mayor representatividad los resultados de las emisiones y absorciones y sus respectivos valores de incertidumbre para el año base (1990) y el último año de estudio (2024).

De acuerdo con el párrafo 25 de la Decisión18/CMA1 y a las Directrices IPCC 2006, Colombia realiza el análisis de categorías clave para el inventario de GEI contemplando o no la influencia de las categorías fuentes y sumideros

de LULUCF con un umbral del 95% para GEI para el método 1 y del 90% para el método 2. Para el inventario de carbono negro y contaminantes criterio usa un umbral del 80% para el análisis de nivel y tendencia por el método 1(De acuerdo con la Guía EMEP/EEA 2019). La siguiente tabla resume las categorías clave para el presente inventario de GEI contemplando LULUCF por el método de aproximación 1 y 2:

Tabla 1-5. Análisis de categorías clave del inventario de GEI por nivel y tendencia para el método 1 y método 2 con LULUCF (2024)

Subcategoría	Cont	Con LULUCF (Nivel 1)	Con LULUCF (Tendencia 1)	Con LULUCF (Nivel 2)	Con LULUCF (Tendencia 2)	Identificación
1.A.1. Industrias de la energía	CO_2	N1	T1	N2	T2	N1, T1, N2, T2
1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	CO_2	N1	T1	N2	T2	N1, T1, N2, T2
1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	N_2O			N2	T2	N2, T2
1.A.3. Transporte	CO_2	N1	T1	N2	T2	N1, T1, N2, T2
1.A.3. Transporte	N_2O			N2		N2
1.A.4. Otros sectores	CO_2	N1	T1	N2	T2	N1, T1, N2, T2
1.A.4. Otros sectores	CH_4	N1	T1	N2	T2	N1, T1, N2, T2
1.B.1. Combustibles sólidos	CH_4	N1		N2	T2	N1, N2, T2
1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	CH_4	N1	T1	N2	T2	N1, T1, N2, T2
1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	CO_2	N1		N2		N1, N2
2.A.1. Producción de cemento	CO_2	N1	T1	N2	T2	N1, T1, N2, T2
2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	HFC-125	N1	T1	N2	T2	N1, T1, N2, T2
2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	HFC-134a	N1	T1	N2	T2	N1, T1, N2, T2
2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	HFC-143a	N1	T1	N2	T2	N1, T1, N2, T2
3.A.1. Bovinos	CH_4	N1	T1	N2	T2	N1, T1, N2, T2
3.A.4. Otro ganado	CH_4	N1		N2		N1, N2
3.B.3. Porcinos	CH_4			N2	T2	N2, T2
3.B.4. Otro ganado	N_2O			N2	T2	N2, T2
3.C.1. Arroz riego	CH_4			N2		N2
3.D.1 Emisiones directas de N2O de suelos gestionados	N_2O	N1	T1	N2	T2	N1, T1, N2, T2
3.D.2. Emisiones indirectas de N2O de suelos gestionados	N_2O			N2		N2
4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	CO_2	N1	T1	N2	T2	N1, T1, N2, T2
4.A.1. Tierras forestales que	CO_2_ABS	N1	T1		T2	N1, T1, T2

Subcategoría	Cont	Con LULUCF (Nivel 1)	Con LULUCF (Tendencia 1)	Con LULUCF (Nivel 2)	Con LULUCF (Tendencia 2)	Identificación
permanecen como tales						
4.A.2. Tierras convertidas a tierras forestales	CO_2_ABS		T1	N2	T2	T1, N2, T2
4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	CO_2	N1	T1	N2	T2	N1, T1, N2, T2
4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	CO_2_ABS	N1	T1	N2	T2	N1, T1, N2, T2
4.B.2. Tierras convertidas a tierras de cultivo	CO_2		T1		T2	T1, T2
4.C.1. Pastizales que permanecen como tales	CO_2_ABS	N1	T1	N2	T2	N1, T1, N2, T2
4.C.1. Pastizales que permanecen como tales	CO_2	N1	T1			N1, T1
4.C.2. Tierras convertidas a pastizales	CO_2	N1	T1	N2	T2	N1, T1, N2, T2
4.D.2. Tierras convertidas a humedales	CO_2	N1		N2		N1, N2,
4.E.2. Tierras convertidas a asentamientos	CO_2		T1		T2	T1, T2
4.G.1. Madera maciza	CO_2				T2	T2
5.A.1 Sitios gestionado de residuos sólidos	CH_4	N1	T1	N2	T2	N1, T1, N2, T2
5.C.2. Incineración abierta de residuos	CO_2	N1	T1			N1, T1
5.D.1.Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	CH_4	N1				N1
5.D.2. Tratamiento y eliminación aguas residuales industriales	CH_4	N1	T1	N2	T2	N1, T1, N2, T2

Nota: Las categorías sombreadas en gris corresponden a categorías clave

Fuente: Elaboración propia.

La tabla a continuación muestra las categorías clave para el presente inventario de GEI sin considerar LULUCF por el método de aproximación 1 y 2:

Tabla 1-6. Análisis de categorías clave del inventario de GEI por nivel y tendencia para el método 1 sin LULUCF (2024)

Subcategoría	Cont	Sin LULUCF (Nivel 1)	Sin LULUCF (Tendencia 1)	Sin LULUCF (Nivel 2)	Sin LULUCF (Tendencia 2)	Identificación
1.A.1. Industrias de la energía	CO_2	N1	T1	N2	T2	N1, T1, N2, T2
1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	CO_2	N1	T1	N2	T2	N1, T1, N2, T2

Subcategoría	Cont	Sin LULUCF (Nivel 1)	Sin LULUCF (Tendencia 1)	Sin LULUCF (Nivel 2)	Sin LULUCF (Tendencia 2)	Identificación
1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	N_2O		T1	N2	T2	T1, N2, T2
1.A.3. Transporte	CO_2	N1	T1	N2	T2	N1, T1, N2, T2
1.A.3. Transporte	N_2O		T1	N2		T1, N2
1.A.4. Otros sectores	CO_2	N1	T1	N2	T2	N1, T1, N2, T2
1.A.4. Otros sectores	CH_4	N1	T1	N2	T2	N1, T1, N2, T2
1.A.4. Otros sectores	N_2O				T2	T2
1.B.1. Combustibles sólidos	CH_4	N1	T1	N2	T2	N1, T1, N2, T2
1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	CH_4	N1	T1	N2	T2	N1, T1, N2, T2
1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	CO_2	N1		N2	T2	N1, N2, T2
2.A.1. Producción de cemento	CO_2	N1	T1	N2	T2	N1, T1, N2, T2
2.C.1. Producción de hierro y acero	CO_2				T2	T2
2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	HFC-125	N1	T1	N2	T2	N1, T1, N2, T2
2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	HFC-134a	N1	T1	N2	T2	N1, T1, N2, T2
2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	HFC-143a	N1	T1	N2	T2	N1, T1, N2, T2
3.A.1. Bovinos	CH_4	N1	T1	N2	T2	N1, T1, N2, T2
3.A.2. Ovinos	CH_4				T2	T2
3.A.4. Otro ganado	CH_4	N1		N2	T2	N1, N2, T2
3.B.3. Porcinos	CH_4	N1	T1	N2		N1, T1, N2
3.B.4. Otro ganado	N_2O			N2		N2,
3.C.1. Arroz riego	CH_4			N2	T2	N2, T2
3.D.1 Emisiones directas de N2O de suelos gestionados	N_2O	N1	T1	N2	T2	N1, T1, N2, T2
3.D.2. Emisiones indirectas de N2O de suelos gestionados	N_2O	N1		N2	T2	N1, N2, T2
5.A.1 Sitios gestionado de residuos sólidos	CH_4	N1	T1	N2	T2	N1, T1, N2, T2
5.C.2. Incineración abierta de residuos	CO2	N1	T1			N1, T1
5.D.1.Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	CH_4	N1	T1		T2	N1, T1, T2
5.D.1.Tratamiento y eliminación de	N_2O	N1	T1			N1, T1

Subcategoría	Cont	Sin LULUCF (Nivel 1)	Sin LULUCF (Tendencia 1)	Sin LULUCF (Nivel 2)	Sin LULUCF (Tendencia 2)	Identificación
aguas residuales domésticas						
5.D.2. Tratamiento y eliminación aguas residuales industriales	CH_4	N1	T1	N2	T2	N1, T1, N2, T2

Nota: Las categorías sombreadas en gris corresponden a categorías clave

Fuente: Elaboración propia.

Seguidamente se presentan los resultados del análisis de categorías clave para el inventario de carbono negro y contaminantes criterio por el método de aproximación 1:

Tabla 1-7. Análisis de categorías clave del inventario de carbono negro y contaminantes criterio por nivel y tendencia para el método 1 (2024)

Subcategoría	Contaminante	N1	T1
1.A.1.c.i. Manufactura de combustibles sólidos	CN	N1	T1
1.A.2.g.vii. Vehículos todoterreno y otra maquinaria	CN	N1	T1
1.A.3.b.iii.1. Buses	CN	N1	T1
1.A.4.b.i. Estacionaria	CN	N1	T1
1.A.4.c.i. Estacionario	CN	N1	-
3.F.4. Caña de azúcar	CN	N1	-
1.A.3.b.iv.1. Motos	COVDM	N1	T1
2.D.3.a.i. Uso de disolventes	COVDM	N1	T1
1.A.4.b.i. Estacionaria	COVDM	N1	T1
1.B.2.c.i.1. Petróleo	COVDM	N1	T1
1.B.1.a.ii. Minas de superficie	COVDM	N1	-
1.B.2.c.i.2. Gas	COVDM	N1	-
1.A.3.b.v.1. Emisiones por evaporación procedentes de vehículos	COVDM	N1	T1
1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco	COVDM	N1	-
5.C.2.b.i. Residuos sólidos municipales	COVDM	N1	-
2.B.8.b. Etileno	COVDM	N1	T1
2.D.3.a.iv.2. Desengrasantes	COVDM	N1	T1
2.D.3.a.iv.6. Otros usos de solventes y de productos	COVDM	N1	-
1.A.3.b.i.1. Automóviles particulares, diplomáticos y oficiales	COVDM	N1	-
2.H.2. Industria de alimentos y bebidas	COVDM	N1	T1
1.A.3.d. Navegación doméstica	COVDM	-	-
1.A.1.c.i. Manufactura de combustibles sólidos	PM_{10}	N1	T1
1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco	PM_{10}	N1	T1
1.A.2.f. Minerales no metálicos	PM_{10}	N1	-
1.A.2.g.vii. Vehículos todoterreno y otra maquinaria	PM_{10}	-	T1
1.A.3.b.iii.1. Buses	PM_{10}	-	T1
1.A.3.b.iv.1. Motos	PM_{10}	N1	T1
1.A.4.b.i. Estacionaria	PM_{10}	N1	T1
1.A.4.c.i. Estacionario	PM_{10}	N1	T1

Subcategoría	Contaminante	N1	T1
2.A.5.b. Construcción y demoliciones	PM_{10}	N1	T1
3.D.1.g.i. Operaciones agrícolas	PM_{10}	N1	-
3.F.4. Caña de azúcar	PM_{10}	N1	T1
1.A.1.c.i. Manufactura de combustibles sólidos	$PM_{2.5}$	N1	T1
1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco	$PM_{2.5}$	N1	T1
1.A.2.f. Minerales no metálicos	$PM_{2.5}$	N1	-
1.A.3.b.iii.1. Buses	$PM_{2.5}$	-	T1
1.A.3.b.iv.1. Motos	$PM_{2.5}$	-	T1
1.A.4.b.i. Estacionaria	$PM_{2.5}$	N1	T1
1.A.4.c.i. Estacionario	$PM_{2.5}$	N1	T1
3.F.4. Caña de azúcar	$PM_{2.5}$	N1	T1
1.A.3.a.i. Aviación doméstica (LTO)	CO	N1	T1
1.A.3.a.ii. Aviación doméstica (Crucero)	CO	N1	T1
1.A.3.b.i.1. Automóviles particulares, diplomáticos y oficiales	CO	N1	-
1.A.3.b.iv.1. Motos	CO	N1	T1
1.A.4.b.i. Estacionaria	CO	N1	T1
1.A.4.b.i. Estacionaria	CO	-	T1
3.F.4. Caña de azúcar	CO	N1	-
1.A.1.a.i. Generación de electricidad	NO_x	N1	T1
1.A.2.a. Hierro y acero	NO_x	-	T1
1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta	NO_x	-	T1
1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco	NO_x	N1	T1
1.A.2.f. Minerales no metálicos	NO_x	N1	T1
1.A.2.g.vii. Vehículos todoterreno y otra maquinaria	NO_x	N1	T1
1.A.3.b.i.1. Automóviles particulares, diplomáticos y oficiales	NO_x	N1	-
1.A.3.b.ii.1. Camionetas	NO_x	N1	-
1.A.3.b.iii.1. Buses	NO_x	N1	T1
1.A.3.b.iii.2. Camiones y volquetas	NO_x	N1	T1
1.A.3.b.iii.3. Tractocamiones	NO_x	N1	T1
1.A.3.b.iv.1. Motos	NO_x	N1	T1
1.A.3.d. Navegación doméstica	NO_x	N1	T1
1.A.4.b.i. Estacionaria	NO_x	N1	T1
1.A.4.c.i. Estacionario	NO_x	N1	T1
3.D.1.a. Fertilizantes N inorgánicos	NO_x	N1	T1
3.D.1.c. Orina y estiércol depositado por animales en pastoreo	NO_x	-	T1
1.A.1.a.i. Generación de electricidad	SO_x	N1	T1
1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta	SO_x	-	T1
1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco	SO_x	N1	-
1.A.2.f. Minerales no metálicos	SO_x	N1	T1
1.A.2.g.vi. Textiles y cueros	SO_x	-	T1

Subcategoría	Contaminante	N1	T1
1.A.4.b.i. Estacionaria	SO_x	-	T1
1.A.3.b.i.1. Automóviles particulares, diplomáticos y oficiales	NH_3	N1	T1
1.A.3.b.iv.1. Motos	NH_3	N1	T1
1.A.4.b.i. Estacionaria	NH_3	N1	T1
1.A.4.b.i. Estacionaria	NH_3	-	T1
3.B.3.a.i. Porcinos < 6 meses	NH_3	N1	T1
3.B.3.a.ii. Porcinos > 6 meses	NH_3	N1	T1
3.B.4.e. Caballos	NH_3	-	T1
3.B.4.h.v.1. Ponedoras	NH_3	N1	T1
3.B.4.h.v.2. Pollos de engorde	NH_3	N1	T1
1.A.2.g.vii. Vehículos todoterreno y otra maquinaria	SO_2	-	T1
1.A.3.b.i.1. Automóviles particulares, diplomáticos y oficiales	SO_2	-	T1
1.A.3.b.i.2. Automóviles servicio público	SO_2	-	T1
1.A.3.b.i.3. Camperos	SO_2	-	T1
1.A.3.b.iii.1. Buses	SO_2	N1	T1
1.A.3.b.iii.2. Camiones y volquetas	SO_2	N1	-
1.A.3.b.iii.3. Tractocamiones	SO_2	-	T1
1.A.3.c. Ferrocarriles	SO_2	-	T1
1.A.3.d. Navegación doméstica	SO_2	N1	-
2.H.1. Industria de pulpa y papel	SO_2	N1	T1
3.F.4. Caña de azúcar	SO_2	N1	T1

Nota: Las categorías sombreadas en gris corresponden a categorías clave

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, en el Anexo 1.5. Categorías clave se detalla la metodología empleada para la estimación de categorías clave en Colombia.

1.5 Descripción del plan de AC/CC y su aplicación

El control de calidad (QC) corresponde a un sistema de actividades técnicas rutinarias, ejecutadas por el personal encargado de la compilación del inventario, orientadas a garantizar la integridad, la corrección y la completitud de los datos; a identificar y corregir errores u omisiones; y a documentar y archivar el material del inventario, dejando evidencia de las actividades realizadas. A continuación, se describen los procedimientos de control de calidad y de garantía de calidad aplicados.

Arquitectura de las bases de datos del inventario

Para cada subcategoría del inventario se consolida un conjunto estandarizado de bases de datos —B0, B2, F2 y SectorCal—, cada una con un propósito específico dentro del proceso de estimación. El formato B0 consolida los datos de actividad en su forma original, tal como son suministrados por las entidades proveedoras de información en el marco de los respectivos arreglos institucionales. El formato B2 contiene dichos datos ya procesados y ajustados a las unidades requeridas para la estimación de emisiones. El formato F2 reúne los factores de emisión aplicables a los gases y contaminantes de cada categoría, así como los demás parámetros necesarios para el cálculo, tales como factores de conversión, densidades y poderes caloríficos. El SectorCal, por su parte, contiene la estimación final de emisiones para cada gas, año y categoría a lo largo de la serie histórica completa. La estandarización de estos formatos para la totalidad de las categorías del inventario constituye el fundamento sobre el cual se soportan los procesos de trazabilidad y de control de calidad descritos en las siguientes secciones.

Las categorías del inventario se organizan en dos grupos —AFOLU y No AFOLU—, cada uno con procesos diferenciados de acopio y procesamiento de información. En la fase de acopio, los profesionales responsables

de cada grupo consolidan la información en los formatos B0, B2 y F2; en la fase de procesamiento, los profesionales correspondientes generan las estimaciones en el SectorCal. Durante el presente ciclo del inventario, estos procesos fueron objeto de un proceso de estandarización que ha permitido una aplicación más consistente del control de calidad entre categorías.

Plan de QA/QC

El inventario cuenta con un Manual de calidad en el que se documentan los procedimientos de QA/QC vigentes en el marco de la operación estadística. Este manual se concibe como un instrumento de mejora continua, sujeto a actualización a lo largo de los sucesivos ciclos del inventario, conforme se identifican oportunidades de fortalecimiento en los distintos componentes del proceso. Para cada subcategoría, la rutina de control de calidad se ejecuta de manera iterativa hasta resolver los problemas de forma identificados y hasta que el comportamiento de los datos de actividad y de las emisiones resulte satisfactorio.

Roles y responsabilidades

El proceso de compilación del inventario se estructura a partir de los siguientes roles:

- **Profesionales de acopio**, responsables de recopilar los datos de actividad requeridos para la estimación de cada categoría.
- **Profesionales de procesamiento**, responsables de generar las estimaciones del inventario para cada categoría específica.
- **Profesional de control de calidad**, responsable de ejecutar las rutinas de QC sobre las bases generadas por los profesionales anteriores, socializar los hallazgos correspondientes para que se implementen los ajustes necesarios o se sustente técnicamente el comportamiento observado en los datos, y de consolidar el total nacional de emisiones como insumo para la elaboración de los reportes sectoriales y el diligenciamiento de las tablas CRT.
- **Proceso de estimación de incertidumbre**, que opera paralelamente como control de calidad final del inventario: se estima a nivel de cada categoría y posteriormente se agrega para determinar la incertidumbre total de las emisiones reportadas.

Enfoque general del control y aseguramiento de la calidad

Considerando el volumen de categorías, la extensión de las series temporales y la diversidad de fuentes de datos de actividad y factores de emisión que integran el inventario, el control de calidad se implementó de forma estandarizada y semiautomatizada. Con este propósito se desarrolló una rutina en lenguaje R que, a partir de las bases de cálculo de cada categoría en su nivel más desagregado, genera un reporte individual de control de calidad en formato editable, con una estructura común a la totalidad de las categorías. Este enfoque permite aplicar de manera sistemática y reproducible los chequeos generales y específicos, reducir la variabilidad entre analistas en la documentación de los chequeos realizados, y dejar trazabilidad de la evolución de los datos de actividad, los factores y parámetros, y los resultados de emisiones, incluyendo su comparación frente al ciclo de reporte inmediatamente anterior. Los reportes generados constituyen un insumo de control de calidad a nivel de categoría y no sustituyen la garantía de calidad, la cual se gestiona de forma independiente por revisores no involucrados directamente en la compilación del inventario.

Previo a la evaluación de la calidad numérica de los datos, la rutina examina la integridad lógica y organizacional de cada base de cálculo. Esta revisión inicia con una caracterización general de la estructura de la información —tipo de dato y nivel de completitud de cada columna—, que permite identificar inconsistencias de formato o vacíos no documentados. A partir de dicha caracterización, se examinan los valores únicos observados en las variables categóricas relevantes —año, nivel territorial, sector y categoría, clasificaciones internas, cartera, entidad, instrumento, fuente específica y unidad de medida—, con el fin de detectar valores inesperados o no estandarizados. Adicionalmente, se construyen y comparan las combinaciones jerárquicas de la codificación oficial del inventario y de la clasificación interna, con el propósito de verificar que la asignación de categoría de cada registro sea coherente con su desagregación interna. Finalmente, se identifican los registros exactamente idénticos presentes en cada base, como mecanismo de prevención frente a errores de doble conteo o de transcripción.

Sobre la base ya validada estructuralmente, se generan series temporales agregadas a nivel nacional para cada clasificación de la categoría, diferenciando la unidad de medida, el instrumento o método de captura y la fuente específica de la información. Esta visualización permite identificar cambios de nivel o de tendencia no explicados en la serie histórica, discontinuidades asociadas a cambios de fuente o de instrumento, y diferencias de magnitud entre fuentes que reportan una misma variable. Toda divergencia significativa frente a la tendencia histórica es objeto de revisión y, en ausencia de un error identificado, se documenta la razón del comportamiento observado.

De manera equivalente, se generan series históricas de emisiones agregadas a nivel nacional, diferenciadas para los gases de efecto invernadero principales (CO_2, CH_4 y N_2O) y para otros contaminantes cuando aplica, con el propósito de identificar comportamientos atípicos, discontinuidades temporales o inconsistencias en la asignación de emisiones entre categorías o clasificaciones internas, previo a la consolidación de los resultados.

Un componente adicional del proceso compara, por gas y a nivel de total nacional, los resultados de la versión de cálculo vigente frente a los valores reportados en el ciclo de reporte inmediatamente anterior. Dicha comparación se fundamenta en el principio de contrastar los resultados frente a una referencia independiente y explicar las discrepancias identificadas, utilizando en este caso la serie históricamente reportada como referencia. Este procedimiento contribuye a mantener la consistencia de la serie temporal del inventario: los recálculos derivados de cambios metodológicos o de datos se aplican, en la medida de lo posible, a la totalidad de la serie, y toda diferencia significativa frente a lo reportado previamente queda documentada y justificada como parte del proceso de mejora continua del inventario.

Los procesos de aseguramiento de la calidad (QA) en el presente ciclo se realizó por entidades nacionales externas como el DNP y se complementó con la interacción sostenida entre el equipo técnico del inventario y el equipo responsable del desarrollo de la plataforma destinada a la elaboración del inventario, en el marco de la implementación de dicha herramienta. Esta interacción dio lugar a revisiones externas al equipo del inventario, orientadas a validar la correcta implementación de las rutinas de cálculo de cada categoría dentro de la plataforma, garantizando su adecuado funcionamiento previo a su puesta en operación.

1.6 Evaluación general de la incertidumbre

La evaluación de la incertidumbre del inventario de emisiones y absorciones de GEI se realiza para el árbol de categorías del SINGEI se explica de manera detallada en el Anexo 1.6. Evaluación de incertidumbre para la serie de tiempo de 1990 a 2024, siguiendo el método de propagación de error descrito en las Directrices IPCC 2006.

Durante la fase de acopio de información, se realiza la recolección de los datos de actividad y factores de emisión para cada subcategoría, incluyendo sus valores de incertidumbre. Si por alguna razón, incluyendo las capacidades institucionales, el proveedor de información no cuenta con esta información, en el SINGEI se aplica el concepto o juicio de experto establecido por la metodología de GHG Protocol, que consiste en a partir de criterios de calificación cualitativos ponderar o estimar valores de incertidumbre cuantitativos a través de la evaluación de ciertos indicadores de los datos reportados (Greenhouse Gas Protocol, 2022). En el Anexo 1.6. Evaluación de incertidumbre se detalla la metodología de juicio de experto empleada para definir la incertidumbre de los datos de actividad o factores de emisión cuando hay ausencia de información. Es importante resaltar que se ha optado por aproximar las incertidumbres con un rango simétrico con el fin de mejorar su interpretación. Para ello se siguen las siguientes condiciones:

- Utilizar distribución normal cuando el dato de entrada posee incertidumbre simétrica. Para ello, se debe tomar el valor en absoluto y dividirlo en 2 para luego aplicar el método de propagación de error.
- Utilizar distribución normal cuando el valor de incertidumbre del dato de entrada se encuentra entre -0.5 y +0.5 (+/- 50%) y es asimétrica, independiente del tipo de dato. En este caso se debe tomar el mayor valor en absoluto entre la incertidumbre superior e inferior y dividirlo en 2, para luego aplicar propagación de error.
- Si el valor de incertidumbre esta por fuera del rango anterior y es asimétrica, aplique la función de distribución log normal.

En la siguiente tabla se presentan los resultados de la estimación de la incertidumbre para la serie de tiempo de 1990 a 2024 por sector IPCC, emisiones totales, absorciones y emisiones netas:

Tabla 1-8. Incertidumbre por sector IPCC e incertidumbre nacional (%) [1990-2024]

Año	Sector	Emisiones	U- (%)	U+ (%)	Sector	Emisiones	U- (%)	U+ (%)	Sector	Emisiones	U- (%)	U+ (%)	Sector	Emisiones	U- (%)	U+ (%)	Sector	Absorciones	U- (%)	U+ (%)	Sector	Emisiones	U- (%)	U+ (%)	ET	U- (%)	U+ (%)	EN	U- (%)	U+ (%)
1990	1 Energía	51.104,3	-13,7	13,7	2. IPPU	4.272,8	-17,1	17,1	3. Agricultura	40.175,9	-7,4	7,4	4. LULUCF	125.800,7	-9,4	9,4	4. LULUCF	-5.746,7	-6,1	6,1	5 Residuos	9.423,2	-8,5	8,5	230.777,1	-6,1	6,1	225.030,4	-6,3	6,3
1991	1 Energía	53.428,9	-13,6	13,6	2. IPPU	4.360,1	-16,8	16,8	3. Agricultura	39.759,8	-7,5	7,5	4. LULUCF	126.975,3	-9,3	9,3	4. LULUCF	-5.936,0	-6,0	6,0	5 Residuos	9.695,3	-8,4	8,4	234.219,3	-6,1	6,1	228.283,3	-6,2	6,2
1992	1 Energía	57.528,1	-13,6	13,6	2. IPPU	4.415,4	-17,6	17,6	3. Agricultura	40.058,0	-7,5	7,5	4. LULUCF	127.424,7	-9,3	9,3	4. LULUCF	-6.136,0	-6,0	6,0	5 Residuos	10.053,0	-8,3	8,3	239.479,2	-6,1	6,1	233.343,1	-6,2	6,2
1993	1 Energía	58.972,8	-13,3	13,3	2. IPPU	4.766,5	-18,3	18,3	3. Agricultura	40.859,7	-7,5	7,5	4. LULUCF	128.065,7	-9,2	9,2	4. LULUCF	-6.246,0	-6,0	6,0	5 Residuos	10.448,9	-7,9	7,9	243.113,6	-6,0	6,0	236.867,6	-6,2	6,2
1994	1 Energía	58.752,2	-13,2	13,2	2. IPPU	5.423,4	-18,9	18,9	3. Agricultura	41.444,9	-7,5	7,5	4. LULUCF	129.193,1	-9,2	9,2	4. LULUCF	-6.521,0	-5,9	5,9	5 Residuos	10.981,3	-7,9	7,9	245.795,0	-5,9	5,9	239.274,0	-6,1	6,1
1995	1 Energía	61.832,3	-13,0	13,0	2. IPPU	5.672,0	-18,1	18,1	3. Agricultura	41.412,8	-7,5	7,5	4. LULUCF	129.522,2	-9,2	9,2	4. LULUCF	-6.806,3	-5,8	5,8	5 Residuos	11.564,1	-7,6	7,6	250.003,4	-5,9	5,9	243.197,1	-6,1	6,1
1996	1 Energía	62.299,1	-12,7	12,7	2. IPPU	5.258,0	-17,7	17,7	3. Agricultura	42.033,9	-7,5	7,5	4. LULUCF	130.151,7	-9,2	9,2	4. LULUCF	-7.289,4	-5,7	5,7	5 Residuos	11.925,7	-7,4	7,4	251.668,4	-5,9	5,9	244.378,9	-6,0	6,0
1997	1 Energía	67.498,1	-12,4	12,4	2. IPPU	5.688,8	-17,5	17,5	3. Agricultura	41.747,3	-7,5	7,5	4. LULUCF	132.111,2	-9,1	9,1	4. LULUCF	-7.229,9	-5,5	5,5	5 Residuos	12.390,6	-7,4	7,4	259.436,0	-5,8	5,8	252.206,1	-6,0	6,0
1998	1 Energía	67.346,2	-12,4	12,4	2. IPPU	5.384,6	-17,8	17,8	3. Agricultura	42.064,6	-7,5	7,5	4. LULUCF	131.469,4	-9,1	9,1	4. LULUCF	-7.451,1	-5,4	5,4	5 Residuos	12.845,8	-7,3	7,3	259.110,6	-5,8	5,8	251.659,5	-6,0	6,0
1999	1 Energía	62.672,9	-12,3	12,3	2. IPPU	4.411,0	-16,7	16,7	3. Agricultura	40.593,3	-7,4	7,4	4. LULUCF	131.343,6	-9,2	9,2	4. LULUCF	-7.527,8	-5,3	5,3	5 Residuos	13.128,0	-7,4	7,4	252.148,8	-5,8	5,8	244.621,1	-6,0	6,0
2000	1 Energía	64.714,9	-12,0	12,0	2. IPPU	4.865,1	-16,7	16,7	3. Agricultura	40.771,6	-5,7	5,7	4. LULUCF	111.617,4	-7,9	7,9	4. LULUCF	-8.189,2	-4,4	4,4	5 Residuos	13.786,8	-7,4	7,4	235.755,8	-5,1	5,1	227.566,5	-5,3	5,3
2001	1 Energía	63.090,7	-11,9	11,9	2. IPPU	4.728,9	-16,4	16,4	3. Agricultura	40.763,4	-5,7	5,7	4. LULUCF	91.837,0	-8,3	8,3	4. LULUCF	-8.560,8	-4,3	4,3	5 Residuos	14.086,9	-7,3	7,3	214.506,9	-5,1	5,1	205.946,1	-5,4	5,4
2002	1 Energía	61.792,8	-11,8	11,8	2. IPPU	4.976,3	-15,3	15,3	3. Agricultura	41.584,1	-5,7	5,7	4. LULUCF	91.928,1	-8,4	8,4	4. LULUCF	-8.942,2	-4,3	4,3	5 Residuos	14.427,2	-7,3	7,3	214.708,5	-5,1	5,1	205.766,3	-5,3	5,3
2003	1 Energía	63.770,4	-11,6	11,6	2. IPPU	5.406,6	-15,4	15,4	3. Agricultura	41.982,0	-5,7	5,7	4. LULUCF	107.787,1	-8,8	8,8	4. LULUCF	-9.513,8	-4,1	4,1	5 Residuos	14.775,3	-7,4	7,4	233.721,4	-5,3	5,3	224.207,6	-5,5	5,5
2004	1 Energía	64.773,5	-11,3	11,3	2. IPPU	5.612,7	-15,7	15,7	3. Agricultura	42.110,2	-5,7	5,7	4. LULUCF	108.504,3	-8,8	8,8	4. LULUCF	-11.383,7	-3,7	3,7	5 Residuos	15.155,9	-7,4	7,4	236.156,5	-5,2	5,2	224.772,8	-5,5	5,5
2005	1 Energía	64.338,8	-11,3	11,3	2. IPPU	6.830,4	-16,4	16,4	3. Agricultura	42.919,9	-5,6	5,6	4. LULUCF	94.882,5	-8,8	8,8	4. LULUCF	-13.279,2	-3,5	3,5	5 Residuos	15.852,8	-7,6	7,6	224.824,5	-5,1	5,1	211.545,3	-5,4	5,4
2006	1 Energía	70.887,8	-10,6	10,6	2. IPPU	7.096,8	-16,1	16,1	3. Agricultura	44.018,8	-5,6	5,6	4. LULUCF	94.736,0	-8,9	8,9	4. LULUCF	-15.263,3	-3,4	3,4	5 Residuos	16.303,0	-6,0	6,0	233.042,4	-5,0	5,0	217.779,2	-5,4	5,4
2007	1 Energía	72.111,0	-10,6	10,6	2. IPPU	7.720,1	-16,3	16,3	3. Agricultura	44.780,5	-5,6	5,6	4. LULUCF	98.364,2	-8,5	8,5	4. LULUCF	-16.032,0	-3,3	3,3	5 Residuos	16.658,4	-5,8	5,8	239.634,3	-4,9	4,9	223.602,3	-5,3	5,3
2008	1 Energía	74.374,4	-10,6	10,6	2. IPPU	7.340,7	-16,0	16,0	3. Agricultura	44.743,1	-5,3	5,3	4. LULUCF	94.041,5	-9,0	9,0	4. LULUCF	-17.143,8	-3,1	3,1	5 Residuos	16.744,2	-5,7	5,7	237.243,9	-5,0	5,0	220.100,1	-5,4	5,4
2009	1 Energía	78.644,9	-9,6	9,6	2. IPPU	6.714,7	-15,3	15,3	3. Agricultura	45.731,9	-5,3	5,3	4. LULUCF	88.255,5	-8,4	8,4	4. LULUCF	-18.130,1	-3,0	3,0	5 Residuos	16.947,6	-5,8	5,8	236.294,6	-4,6	4,6	218.164,5	-5,0	5,0
2010	1 Energía	83.872,1	-7,3	7,3	2. IPPU	6.973,0	-15,1	15,1	3. Agricultura	44.818,5	-4,2	4,2	4. LULUCF	89.108,6	-6,5	6,5	4. LULUCF	-18.270,5	-2,4	2,4	5 Residuos	17.440,8	-5,4	5,4	242.213,0	-3,6	3,6	223.942,5	-3,9	3,9
2011	1 Energía	83.026,5	-7,5	7,5	2. IPPU	8.089,0	-14,9	14,9	3. Agricultura	45.825,3	-4,7	4,7	4. LULUCF	99.771,4	-7,4	7,4	4. LULUCF	-18.809,5	-2,4	2,4	5 Residuos	17.874,9	-5,3	5,3	254.587,1	-3,9	3,9	235.777,6	-4,3	4,3
2012	1 Energía	86.869,6	-7,1	7,1	2. IPPU	8.647,7	-14,3	14,3	3. Agricultura	45.853,0	-4,5	4,5	4. LULUCF	100.184,7	-7,4	7,4	4. LULUCF	-19.584,1	-2,3	2,3	5 Residuos	18.058,1	-5,4	5,4	259.613,1	-3,8	3,8	240.029,0	-4,2	4,2
2013	1 Energía	91.184,4	-6,8	6,8	2. IPPU	8.777,5	-11,5	11,5	3. Agricultura	45.469,5	-4,5	4,5	4. LULUCF	83.090,9	-6,8	6,8	4. LULUCF	-20.285,0	-2,3	2,3	5 Residuos	18.747,5	-5,2	5,2	247.269,8	-3,5	3,5	226.984,8	-3,9	3,9
2014	1 Energía	92.632,6	-6,9	6,9	2. IPPU	9.065,1	-11,5	11,5	3. Agricultura	45.553,9	-4,4	4,4	4. LULUCF	89.286,1	-6,0	6,0	4. LULUCF	-20.616,7	-2,3	2,3	5 Residuos	19.574,1	-5,3	5,3	256.111,9	-3,4	3,4	235.495,2	-3,7	3,7
2015	1 Energía	93.474,7	-6,7	6,7	2. IPPU	9.149,9	-11,0	11,0	3. Agricultura	45.895,5	-4,4	4,4	4. LULUCF	82.064,7	-6,1	6,1	4. LULUCF	-21.090,3	-2,3	2,3	5 Residuos	19.941,9	-5,3	5,3	250.526,8	-3,4	3,4	229.436,5	-3,7	3,7
2016	1 Energía	93.495,0	-6,6	6,6	2. IPPU	8.703,0	-10,5	10,5	3. Agricultura	46.046,6	-4,0	4,0	4. LULUCF	109.346,2	-5,7	5,7	4. LULUCF	-21.344,6	-2,3	2,3	5 Residuos	21.604,0	-5,8	5,8	279.194,8	-3,3	3,3	257.850,2	-3,5	3,5
2017	1 Energía	88.780,1	-6,5	6,5	2. IPPU	8.999,6	-10,2	10,2	3. Agricultura	48.762,5	-3,9	3,9	4. LULUCF	132.784,5	-7,4	7,4	4. LULUCF	-21.459,5	-2,3	2,3	5 Residuos	21.574,0	-5,3	5,3	300.900,7	-3,9	3,9	279.441,2	-4,2	4,2
2018	1 Energía	93.679,6	-6,5	6,5	2. IPPU	10.142,8	-10,1	10,1	3. Agricultura	52.844,6	-3,9	3,9	4. LULUCF	127.792,1	-7,3	7,3	4. LULUCF	-21.713,4	-2,3	2,3	5 Residuos	22.066,3	-5,3	5,3	306.525,4	-3,7	3,7	284.812,0	-4,0	4,0
2019	1 Energía	97.076,9	-6,1	6,1	2. IPPU	10.554,2	-9,9	9,9	3. Agricultura	54.015,1	-3,9	3,9	4. LULUCF	109.303,0	-6,7	6,7	4. LULUCF	-21.531,4	-2,4	2,4	5 Residuos	22.754,2	-5,2	5,2	293.703,5	-3,3	3,3	272.172,1	-3,6	3,6
2020	1 Energía	86.999,9	-6,5	6,5	2. IPPU	10.711,7	-9,6	9,6	3. Agricultura	56.187,1	-3,0	3,0	4. LULUCF	119.720,7	-6,9	6,9	4. LULUCF	-21.855,0	-2,4	2,4	5 Residuos	23.584,3	-5,6	5,6	297.203,6	-3,5	3,5	275.348,6	-3,7	3,7
2021	1 Energía	92.956,9	-6,3	6,3	2. IPPU	11.342,7	-10,0	10,0	3. Agricultura	55.163,3	-3,3	3,3	4. LULUCF	119.728,2	-5,1	5,1	4. LULUCF	-22.691,9	-2,2	2,2	5 Residuos	23.740,9	-5,3	5,3	302.932,1	-2,9	2,9	280.240,2	-3,2	3,2
2022	1 Energía	100.276,9	-6,0	6,0	2. IPPU	12.681,8	-10,0	10,0	3. Agricultura	56.609,1	-3,2	3,2	4. LULUCF	96.218,4	-4,4	4,4	4. LULUCF	-22.242,9	-2,3	2,3	5 Residuos	25.362,6	-4,3	4,3	291.148,8	-2,7	2,7	268.905,9	-2,9	2,9
2023	1 Energía	104.325,4	-5,9	5,9	2. IPPU	12.273,4	-10,0	10,0	3. Agricultura	57.104,5	-3,1	3,1	4. LULUCF	79.583,8	-4,1	4,1	4. LULUCF	-21.343,7	-2,4	2,4	5 Residuos	25.103,7	-4,3	4,3	278.390,8	-2,6	2,6	257.047,1	-2,9	2,9
2024	1 Energía	105.306,2	-6,1	6,1	2. IPPU	11.669,2	-11,0	11,0	3. Agricultura	58.033,4	-3,3	3,3	4. LULUCF	96.067,7	-4,6	4,6	4. LULUCF	-20.325,9	-2,4	2,4	5 Residuos	25.982,2	-4,2	4,2	297.058,7	-2,8	2,8	276.732,8	-3,0	3,0

Fuente: Elaboración propia.

Así mismo, la tabla a continuación presenta el resumen de resultados de la incertidumbre de la tendencia para el 2024 con el año 1990 como año base:

Tabla 1-9. Incertidumbre de la tendencia nacional (2024)

Categoría IPCC	GEI	Emisiones o absorciones año base	Emisiones o absorciones año t	Dato de actividad	¿Incertidumbres de DA correlacionadas a lo largo de los años?	Factor de emisión	¿Incertidumbres de FE correlacionadas a lo largo de los años?	Incertidumbre combinada	Contribución a la varianza por la categoría en el año t	Sensibilidad Tipo A	Sensibilidad Tipo B	Incertidumbre en la tendencia de las emisiones nacionales derivada de la incertidumbre de los factores de emisión	Incertidumbre en la tendencia de las emisiones nacionales derivada de la incertidumbre de los datos de actividad.	Incertidumbre introducida en la tendencia de las emisiones nacionales totales
		1990	2024	Incertidumbre dato de actividad		Incertidumbre FE		U_2024						
1.A.1. Industrias de la energía	CO2	9.946,137	29.127,686	2,848	N	0,000	N	2,848	0,090	0,075	0,129	0,000	0,521	0,272
1.A.1. Industrias de la energía	N2O	15,494	56,310	34,627	N	0,000	N	34,627	0,000	0,000	0,000	0,000	0,012	0,000
1.A.1. Industrias de la energía	CH4	4,897	14,603	17,995	N	0,000	N	17,995	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000
1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	CO2	9.404,274	19.167,697	9,262	N	0,000	N	9,262	0,412	0,034	0,085	0,000	1,116	1,245
1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	N2O	112,812	558,277	35,379	N	0,000	N	35,379	0,005	0,002	0,002	0,000	0,124	0,015
1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	CH4	56,526	99,204	41,302	N	0,000	N	41,302	0,000	0,000	0,000	0,000	0,026	0,001
1.A.3. Transporte	CO2	19.152,396	35.176,450	2,927	N	0,000	N	2,927	0,138	0,052	0,156	0,000	0,647	0,419
1.A.3. Transporte	N2O	226,043	568,583	17,094	N	0,000	N	17,094	0,001	0,001	0,003	0,000	0,061	0,004
1.A.3. Transporte	CH4	199,711	274,506	20,592	N	0,000	N	20,592	0,000	0,000	0,001	0,000	0,036	0,001
1.A.4. Otros sectores	CO2	4.226,087	9.263,616	10,434	N	0,000	N	10,434	0,122	0,018	0,041	0,000	0,607	0,369
1.A.4. Otros sectores	CH4	1.493,713	1.264,953	26,798	N	0,000	N	26,798	0,015	0,003	0,006	0,000	0,213	0,045
1.A.4. Otros sectores	N2O	189,544	184,160	28,160	N	0,000	N	28,160	0,000	0,000	0,001	0,000	0,033	0,001
1.B.1. Combustibles sólidos	CH4	1.476,467	2.319,855	28,572	N	0,000	N	28,572	0,057	0,002	0,010	0,000	0,417	0,174
1.B.1. Combustibles sólidos	CO2	78,531	103,964	44,080	N	0,000	N	44,080	0,000	0,000	0,000	0,000	0,029	0,001
1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	CH4	3.439,537	5.884,620	9,923	N	0,000	N	9,923	0,045	0,007	0,026	0,000	0,367	0,135
1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	CO2	1.069,272	1.227,704	13,828	N	0,000	N	13,828	0,004	0,000	0,005	0,000	0,107	0,011
1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	N2O	12,906	13,997	63,281	N	0,000	N	63,281	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	0,000
2.A.1. Producción de cemento	CO2	2.739,649	4.625,118	10,308	N	0,000	N	10,308	0,030	0,006	0,021	0,000	0,300	0,090
2.A.2. Producción de cal	CO2	88,256	251,186	16,818	N	0,000	N	16,818	0,000	0,001	0,001	0,000	0,027	0,001

Categoría IPCC	GEI	Emisiones o absorciones año base	Emisiones o absorciones año t	Dato de actividad	¿Incertidumbres de DA correlacionadas a lo largo de los años?	Factor de emisión	¿Incertidumbres de FE correlacionadas a lo largo de los años?	Incertidumbre combinada	Contribución a la varianza por la categoría en el año t	Sensibilidad Tipo A	Sensibilidad Tipo B	Incertidumbre en la tendencia de las emisiones nacionales derivada de la incertidumbre de los factores de emisión	Incertidumbre en la tendencia de las emisiones nacionales derivada de la incertidumbre de los datos de actividad.	Incertidumbre introducida en la tendencia de las emisiones nacionales totales
		1990	2024	Incertidumbre dato de actividad		Incertidumbre FE		U_2024						
2.A.3. Producción de vidrio	CO2	85,306	121,391	15,686	N	0,000	N	15,686	0,000	0,000	0,001	0,000	0,012	0,000
2.A.4. Otros usos industriales de los carbonatos	CO2	44,244	103,371	25,125	N	0,000	N	25,125	0,000	0,000	0,000	0,000	0,016	0,000
2.B.1. Producción de amoníaco	CO2	185,156	86,891	5,831	N	0,000	N	5,831	0,000	0,001	0,000	0,000	0,003	0,000
2.B.2. Producción de ácido nítrico	N2O	168,442	165,024	5,259	N	0,000	N	5,259	0,000	0,000	0,001	0,000	0,005	0,000
2.B.4. Producción de caprolactama, glioxal y ácido glioxílico	N2O	62,182	0,000	0,000	N	0,000	N	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2.B.8. Producción petroquímica y de negro de humo	CO2	103,195	256,248	8,651	N	0,000	N	8,651	0,000	0,001	0,001	0,000	0,014	0,000
2.B.8. Producción petroquímica y de negro de humo	CH4	0,107	8,369	5,458	N	0,000	N	5,458	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2.C.1. Producción de hierro y acero	CO2	599,473	547,413	14,694	N	0,000	N	14,694	0,001	0,001	0,002	0,000	0,051	0,003
2.C.1. Producción de hierro y acero	CH4	0,256	0,210	16,008	N	0,000	N	16,008	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2.C.2. Producción de ferroaleaciones	CO2	83,027	237,515	3,536	N	0,000	N	3,536	0,000	0,001	0,001	0,000	0,005	0,000
2.C.5. Producción de plomo	CO2	0,000	5,032	35,355	N	0,000	N	35,355	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000
2.D.1. Uso de lubricantes	CO2	42,776	147,673	25,039	N	0,000	N	25,039	0,000	0,000	0,001	0,000	0,023	0,001
2.D.2. Uso de cera de parafina	CO2	29,056	19,779	25,125	N	0,000	N	25,125	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000
2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	HFC-125	0,000	1.714,300	12,620	N	0,000	N	12,620	0,006	0,008	0,008	0,000	0,136	0,018
2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	HFC-134a	0,000	1.544,297	12,576	N	0,000	N	12,576	0,005	0,007	0,007	0,000	0,122	0,015
2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	HFC-143a	0,000	1.308,028	14,642	N	0,000	N	14,642	0,005	0,006	0,006	0,000	0,120	0,014
2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	HFC-32	0,000	182,107	19,027	N	0,000	N	19,027	0,000	0,001	0,001	0,000	0,022	0,000
2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	HFC-236fa	0,000	0,479	21,198	N	0,000	N	21,198	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	HFC-23	0,000	0,289	21,198	N	0,000	N	21,198	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	PFC-218	0,000	0,239	0,000	N	0,000	N	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	PFC-14	0,000	0,224	21,198	N	0,000	N	21,198	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	R-116 / PFC-116	0,000	0,036	21,198	N	0,000	N	21,198	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Categoría IPCC	GEI	Emisiones o absorciones año base	Emisiones o absorciones año t	Dato de actividad	¿Incertidumbres de DA correlacionadas a lo largo de los años?	Factor de emisión	¿Incertidumbres de FE correlacionadas a lo largo de los años?	Incertidumbre combinada	Contribución a la varianza por la categoría en el año t	Sensibilidad Tipo A	Sensibilidad Tipo B	Incertidumbre en la tendencia de las emisiones nacionales derivada de la incertidumbre de los factores de emisión	Incertidumbre en la tendencia de las emisiones nacionales derivada de la incertidumbre de los datos de actividad.	Incertidumbre introducida en la tendencia de las emisiones nacionales totales
		1990	2024	Incertidumbre dato de actividad		Incertidumbre FE		U_2024						
2.F.2. Agentes espumantes	HFC-245fa	0,000	12,012	28,504	N	0,000	N	28,504	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000
2.F.2. Agentes espumantes	HFC-227ea	0,000	0,000	0,000	N	0,000	N	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2.F.2. Agentes espumantes	HFC-365mfc	0,000	0,000	0,000	N	0,000	N	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2.F.3. Protección contra incendios	HFC-227ea	0,000	6,372	23,585	N	0,000	N	23,585	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000
2.F.3. Protección contra incendios	HFC-125	0,000	3,902	23,585	N	0,000	N	23,585	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000
2.F.3. Protección contra incendios	HFC-236fa	0,000	0,149	23,585	N	0,000	N	23,585	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2.F.4. Aerosoles	HFC-134a	0,000	88,254	12,500	N	0,000	N	12,500	0,000	0,000	0,000	0,000	0,007	0,000
2.F.6. Otras aplicaciones	HFC-152a	0,000	3,353	7,906	N	0,000	N	7,906	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2.G.1. Equipos electrónicos	SF6	41,700	229,975	15,207	N	0,000	N	15,207	0,000	0,001	0,001	0,000	0,022	0,000
3.A.1. Bovinos	CH4	31.230,808	44.756,976	3,658	N	0,000	N	3,658	0,350	0,028	0,199	0,000	1,029	1,059
3.A.2. Ovinos	CH4	403,621	250,914	11,927	N	0,000	N	11,927	0,000	0,001	0,001	0,000	0,019	0,000
3.A.3. Porcinos	CH4	101,523	224,258	8,810	N	0,000	N	8,810	0,000	0,000	0,001	0,000	0,012	0,000
3.A.4. Otro ganado	CH4	1.634,047	1.899,139	6,430	N	0,000	N	6,430	0,002	0,000	0,008	0,000	0,077	0,006
3.B.1. Bovinos	CH4	415,966	633,249	4,075	N	0,000	N	4,075	0,000	0,001	0,003	0,000	0,016	0,000
3.B.1. Bovinos	N2O	43,109	74,551	26,368	N	0,000	N	26,368	0,000	0,000	0,000	0,000	0,012	0,000
3.B.2. Ovinos	N2O	20,193	12,553	52,500	N	0,000	N	52,500	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	0,000
3.B.2. Ovinos	CH4	5,544	3,429	16,771	N	0,000	N	16,771	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3.B.3. Porcinos	CH4	535,867	1.178,820	10,440	N	0,000	N	10,440	0,002	0,002	0,005	0,000	0,077	0,006
3.B.3. Porcinos	N2O	119,342	238,110	33,997	N	0,000	N	33,997	0,001	0,000	0,001	0,000	0,051	0,003
3.B.4. Otro ganado	CH4	239,258	488,704	9,667	N	0,000	N	9,667	0,000	0,001	0,002	0,000	0,030	0,001
3.B.4. Otro ganado	N2O	262,667	504,469	35,016	N	0,000	N	35,016	0,004	0,001	0,002	0,000	0,111	0,012
3.B.5. Emisiones indirectas de N2O de gestión de estiércol	N2O	178,590	454,421	15,890	N	0,000	N	15,890	0,001	0,001	0,002	0,000	0,045	0,002

Categoría IPCC	GEI	Emisiones o absorciones año base	Emisiones o absorciones año t	Dato de actividad	¿Incertidumbres de DA correlacionadas a lo largo de los años?	Factor de emisión	¿Incertidumbres de FE correlacionadas a lo largo de los años?	Incertidumbre combinada	Contribución a la varianza por la categoría en el año t	Sensibilidad Tipo A	Sensibilidad Tipo B	Incertidumbre en la tendencia de las emisiones nacionales derivada de la incertidumbre de los factores de emisión	Incertidumbre en la tendencia de las emisiones nacionales derivada de la incertidumbre de los datos de actividad.	Incertidumbre introducida en la tendencia de las emisiones nacionales totales
		1990	2024	Incertidumbre dato de actividad		Incertidumbre FE		U_2024						
3.C.1. Arroz riego	CH4	520,490	561,160	23,927	N	0,000	N	23,927	0,002	0,000	0,002	0,000	0,084	0,007
3.C.2. Arroz secano	CH4	33,044	55,238	43,688	N	0,000	N	43,688	0,000	0,000	0,000	0,000	0,015	0,000
3.D.1 Emisiones directas de N2O de suelos gestionados	N2O	3.092,906	4.853,421	12,983	N	0,000	N	12,983	0,052	0,005	0,022	0,000	0,396	0,157
3.D.2. Emisiones indirectas de N2O de suelos gestionados	N2O	885,848	1.168,624	20,831	N	0,000	N	20,831	0,008	0,000	0,005	0,000	0,153	0,023
3.F.1. Cereales	CH4	12,399	16,897	31,396	N	0,000	N	31,396	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000
3.F.1. Cereales	N2O	3,042	4,146	37,664	N	0,000	N	37,664	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000
3.F.4. Caña de azúcar	CH4	93,792	145,639	38,810	N	0,000	N	38,810	0,000	0,000	0,001	0,000	0,036	0,001
3.F.4. Caña de azúcar	N2O	23,014	35,735	38,810	N	0,000	N	38,810	0,000	0,000	0,000	0,000	0,009	0,000
3.F.5. Otros	CH4	11,533	3,524	45,552	N	0,000	N	45,552	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000
3.F.5. Otros	N2O	2,830	0,865	43,012	N	0,000	N	43,012	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3.G.2. Dolomita CaMg(CO3)2	CO2	2,302	62,843	26,926	N	0,000	N	26,926	0,000	0,000	0,000	0,000	0,011	0,000
3.H. Aplicación de urea	CO2	304,187	405,680	7,479	N	0,000	N	7,479	0,000	0,000	0,002	0,000	0,019	0,000
4(II).D. Humedales	CH4	25,179	53,977	63,133	N	0,000	N	63,133	0,000	0,000	0,000	0,000	0,021	0,000
4(IV).A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	CH4	373,861	95,748	12,992	N	0,000	N	12,992	0,000	0,002	0,000	0,000	0,008	0,000
4(IV).A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	N2O	104,068	26,652	13,081	N	0,000	N	13,081	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000
4(IV).C. Pastizales	CH4	25,111	0,264	32,557	N	0,000	N	32,557	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4(IV).C. Pastizales	N2O	21,699	0,228	31,961	N	0,000	N	31,961	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	CO2	76.487,821	51.875,110	3,009	N	0,000	N	3,009	0,318	0,187	0,231	0,000	0,981	0,962
4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	CO2_ABS	-890,574	-5.120,571	1,388	N	0,000	N	1,388	0,001	0,018	0,023	0,000	0,045	0,002
4.A.2. Tierras convertidas a tierras forestales	CO2_ABS	-125,169	-844,529	11,897	N	0,000	N	11,897	0,001	0,003	0,004	0,000	0,063	0,004
4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	CO2_ABS	-4.658,279	-9.269,910	2,113	N	0,000	N	2,113	0,005	0,016	0,041	0,000	0,123	0,015
4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	CO2	5.391,359	10.565,505	2,864	N	0,000	N	2,864	0,012	0,017	0,047	0,000	0,190	0,036

Categoría IPCC	GEI	Emisiones o absorciones año base	Emisiones o absorciones año t	Dato de actividad	¿Incertidumbres de DA correlacionadas a lo largo de los años?	Factor de emisión	¿Incertidumbres de FE correlacionadas a lo largo de los años?	Incertidumbre combinada	Contribución a la varianza por la categoría en el año t	Sensibilidad Tipo A	Sensibilidad Tipo B	Incertidumbre en la tendencia de las emisiones nacionales derivada de la incertidumbre de los factores de emisión	Incertidumbre en la tendencia de las emisiones nacionales derivada de la incertidumbre de los datos de actividad.	Incertidumbre introducida en la tendencia de las emisiones nacionales totales
		1990	2024	Incertidumbre dato de actividad		Incertidumbre FE		U_2024						
4.B.2. Tierras convertidas a tierras de cultivo	CO2	10.111,816	455,716	9,979	N	0,000	N	9,979	0,000	0,053	0,002	0,000	0,029	0,001
4.C.1. Pastizales que permanecen como tales	CO2_ABS	0,000	-4.852,865	2,192	N	0,000	N	2,192	0,001	0,022	0,022	0,000	0,067	0,004
4.C.1. Pastizales que permanecen como tales	CO2	2.487,230	1.655,601	3,398	N	0,000	N	3,398	0,000	0,006	0,007	0,000	0,035	0,001
4.C.2. Tierras convertidas a pastizales	CO2	28.479,072	28.843,118	5,280	N	0,000	N	5,280	0,303	0,027	0,128	0,000	0,957	0,916
4.D.1 Humedales que permanecen como tales	CO2	99,979	137,392	36,976	N	0,000	N	36,976	0,000	0,000	0,001	0,000	0,032	0,001
4.D.2. Tierras convertidas a humedales	CO2_ABS	-3,367	-218,983	8,359	N	0,000	N	8,359	0,000	0,001	0,001	0,000	0,012	0,000
4.D.2. Tierras convertidas a humedales	CO2	890,262	1.258,574	9,163	N	0,000	N	9,163	0,002	0,001	0,006	0,000	0,072	0,005
4.E.1. Asentamientos que permanecen como tales	CO2_ABS	-0,562	-19,054	12,343	N	0,000	N	12,343	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000
4.E.1. Asentamientos que permanecen como tales	CO2	4,571	1,830	7,863	N	0,000	N	7,863	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4.E.2. Tierras convertidas a asentamientos	CO2	681,368	80,526	7,863	N	0,000	N	7,863	0,000	0,003	0,000	0,000	0,004	0,000
4.F.2. Tierras convertidas a otras tierras	CO2	551,548	673,327	8,306	N	0,000	N	8,306	0,000	0,000	0,003	0,000	0,035	0,001
4.G.1. Madera maciza	CO2	0,000	341,014	15,829	N	0,000	N	15,829	0,000	0,002	0,002	0,000	0,034	0,001
4.G.1. Madera maciza	CO2_ABS	-68,722	0,000	0,000	N	0,000	N	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4.G.2. Papel y cartón	CO2	65,788	3,144	27,800	N	0,000	N	27,800	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000
5.A.1 Sitios gestionado de residuos sólidos	CH4	2.989,102	12.360,197	2,835	N	0,000	N	2,835	0,016	0,039	0,055	0,000	0,220	0,048
5.A.3. Sitios no categorizados de eliminación de residuos	CH4	92,865	269,990	5,301	N	0,000	N	5,301	0,000	0,001	0,001	0,000	0,009	0,000
5.C.1. Incineración de residuos	CO2	28,934	56,152	1,656	N	0,000	N	1,656	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000
5.C.2. Incineración abierta de residuos	CO2	579,318	1.237,666	3,778	N	0,000	N	3,778	0,000	0,002	0,005	0,000	0,029	0,001
5.C.2. Incineración abierta de residuos	CH4	177,543	378,066	9,280	N	0,000	N	9,280	0,000	0,001	0,002	0,000	0,022	0,000
5.C.2. Incineración abierta de residuos	N2O	38,777	82,572	9,280	N	0,000	N	9,280	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	0,000
5.D.1. Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	CH4	2.121,319	2.313,065	4,036	N	0,000	N	4,036	0,001	0,001	0,010	0,000	0,059	0,003
5.D.1. Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	N2O	316,814	677,695	1,369	N	0,000	N	1,369	0,000	0,001	0,003	0,000	0,006	0,000

Categoría IPCC	GEI	Emisiones o absorciones año base	Emisiones o absorciones año t	Dato de actividad	¿Incertidumbres de DA correlacionadas a lo largo de los años?	Factor de emisión	¿Incertidumbres de FE correlacionadas a lo largo de los años?	Incertidumbre combinada	Contribución a la varianza por la categoría en el año t	Sensibilidad Tipo A	Sensibilidad Tipo B	Incertidumbre en la tendencia de las emisiones nacionales derivada de la incertidumbre de los factores de emisión	Incertidumbre en la tendencia de las emisiones nacionales derivada de la incertidumbre de los datos de actividad.	Incertidumbre introducida en la tendencia de las emisiones nacionales totales
		1990	2024	Incertidumbre dato de actividad		Incertidumbre FE		U_2024						
5.D.2. Tratamiento y eliminación aguas residuales industriales	CH4	2.975,930	8.474,794	6,912	N	0,000	N	6,912	0,045	0,021	0,038	0,000	0,368	0,136
5.D.2. Tratamiento y eliminación aguas residuales industriales	N2O	102,635	132,005	13,617	N	0,000	N	13,617	0,000	0,000	0,001	0,000	0,011	0,000
TOTAL NACIONAL		225030,3844	276732,8022					1893,56	2,07	0,70	1,41			6,25
						Porcentaje de Incertidumbre del inventario total:			**1,44**			Porcentaje de incertidumbre en la tendencia		**2,50**

Fuente: Elaboración propia.

Para el año 2024 la incertidumbre de las emisiones netas fue de ±3,0 %, distribuidos por sector de la siguiente manera:

- Energía: ±6,1 %
- IPPU: ±11,0 %
- Agricultura: ±3,3 %
- LULUCF: Emisiones totales ±4,6 %, Absorciones ±2,4 %.
- Residuos: ±4,2 %

Así mismo, las incertidumbres por GEI para el año 2024 fueron:

- CO_2: ±1,9 %
- CO_2 (Absorciones): ±2,4 %
- CH_4: ±4,1 %
- N_2O: ±7,3 %
- HFC-125: ±12,6 %
- HFC-134a: ±11,9 %
- HFC-143a: ±14,6 %
- HFC-152a: ±7,9 %
- HFC-227ea: ±23,6 %
- HFC-23: ±21,2 %
- HFC-236fa: ±17,1 %
- HFC-245fa: ±28,5 %
- HFC-32: ±19,0 %
- PFC-14: ±21,2 %
- PFC-116: ±21,1 %
- PFC-218: ±21,2 %
- SF_6: ±15,2

1.6.1 Resultados de la evaluación de incertidumbre por sector IPCC:

A continuación, se presentan los resultados del análisis de incertidumbre por sector IPCC y por GEI:

1.6.1.1 Energia

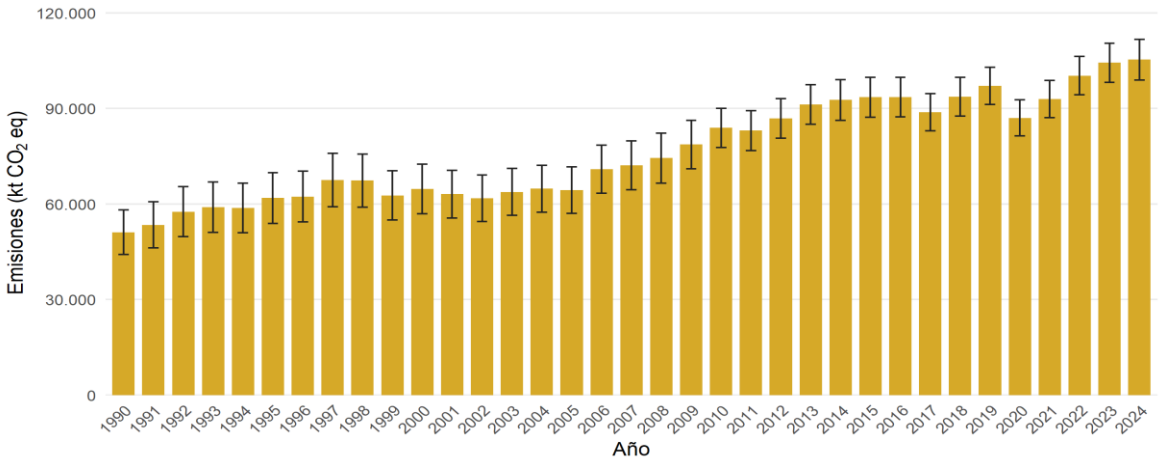


Figura 1-7. Tendencia de las emisiones netas de GEI para el sector Energía con su incertidumbre asociada de acuerdo al método de propagación del error [kt CO_2eq] (1990-2024).

Fuente: Elaboración propia.

El sector de energía presenta una incertidumbre promedio histórica de ±9,73 % para la serie 1990-2024. La incertidumbre sectorial disminuyó de ±13,74 % en 1990 a ±6,07 % en 2024, lo que representa una reducción relativa del 55,80 %, equivalente a 7,66 puntos porcentuales.

A lo largo de la serie se observa una tendencia general decreciente, particularmente marcada a partir de 2009. Entre 2009 y 2010, la incertidumbre pasó de ±9,64 % a ±7,30 %. Posteriormente, continuó disminuyendo hasta alcanzar su valor mínimo en 2023, con ±5,85 %. En 2024 se presentó un ligero incremento, hasta ±6,07 %, aunque este valor continúa siendo considerablemente inferior al registrado al inicio de la serie.

Durante el periodo 1990-2024, las incertidumbres promedio para los gases de efecto invernadero (GEI) en este sector fueron las siguientes:

- CO_2: ±5,33 %, con una reducción del 57,99 % entre 1990 y 2024.
- CH_4: ±9,95 %, con una reducción del 34,30 %.

- N_2O: ±16,04 %, con una reducción del 31,15 %.

El N_2O presenta la mayor incertidumbre promedio histórica entre los gases analizados, seguido por el CH_4 y el CO_2. Aunque los tres gases muestran una reducción respecto a 1990, en 2024 se observa un incremento en la incertidumbre del CH_4, que pasó de ±6,62 % en 2023 a ±8,61 %. Este comportamiento explica, en buena medida, el ligero aumento de la incertidumbre total del sector durante el último año de la serie.

1.6.1.2 Procesos industriales y uso de productos (IPPU)

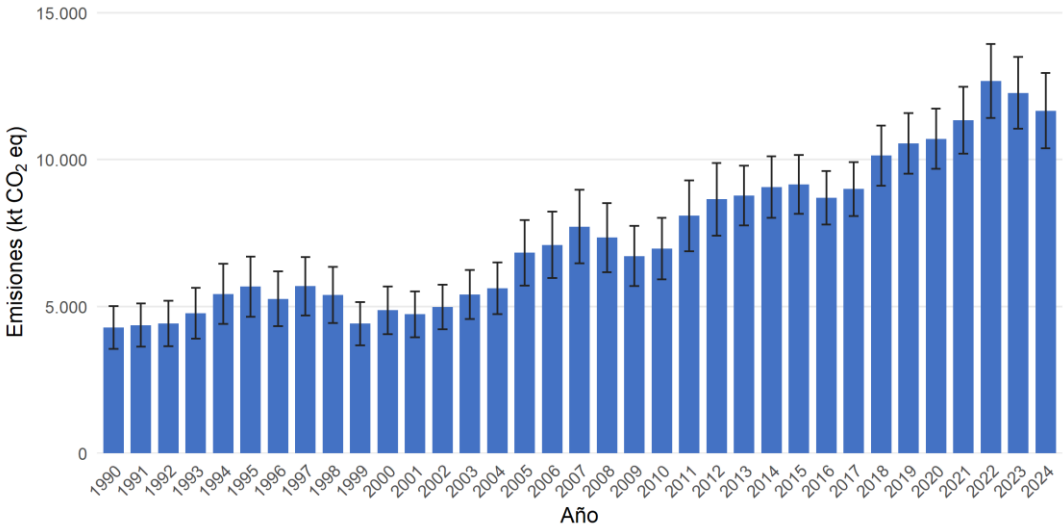


Figura 1-8. Tendencia de las emisiones netas de GEI para el sector IPPU con su incertidumbre asociada de acuerdo al método de propagación del error [kt CO_2eq] (1990-2024).

Fuente: Elaboración propia.

El sector de procesos industriales y uso de productos presenta una incertidumbre promedio histórica de ±14,44 % para la serie 1990-2024. La incertidumbre sectorial disminuyó de ±17,05 % en 1990 a ±10,96 % en 2024, lo que representa una reducción relativa del 35,73 %, equivalente a 6,09 puntos porcentuales.

Durante los primeros años de la serie, la incertidumbre presentó un comportamiento fluctuante y alcanzó su valor máximo en 1994, con ±18,90 %. A partir de ese año se observa una tendencia general decreciente, especialmente desde 2012, hasta alcanzar el valor mínimo de la serie en 2020, con ±9,56 %. Entre 2021 y 2023, la incertidumbre se mantuvo alrededor del 10 %, mientras que en 2024 aumentó hasta ±10,96 %. Durante el periodo 1990-2024, las incertidumbres promedio para los principales gases de efecto invernadero (GEI) del sector fueron las siguientes:

- CO_2: ±8,69 %, con una reducción del 15,97 % entre 1990 y 2024.
- CH_4: ±8,46 %, con un aumento del 25,76 %.
- N_2O: ±6,89 %, con una reducción del 44,31 %.

El CH_4 presenta un cambio importante al final de la serie: su incertidumbre pasó de ±5,11 % en 2021 a ±16,01 % en 2022 y se mantuvo en este valor hasta 2024. Por su parte, la incertidumbre del CO_2 disminuyó de ±9,08 % en 1990 a ±7,63 % en 2024. El N_2O también muestra una reducción general, aunque presenta un valor de 0 % en 2022, asociado a la ausencia de emisiones estimadas para ese año o a la forma en que fue consolidada la información de incertidumbre.

Los gases fluorados presentan un comportamiento heterogéneo debido a su incorporación progresiva en la serie y a las diferencias entre las fuentes de emisión consideradas. En 2024, las incertidumbres estimadas para los HFC, PFC y SF_6 con emisiones reportadas se ubican, en términos generales, entre aproximadamente ±8 % y ±29 %. Por esta razón, su análisis debe realizarse individualmente por gas y fuente de emisión, evitando calcular promedios históricos que incluyan los años con valores iguales a cero cuando estos representan ausencia de emisiones y no una estimación sin incertidumbre.

1.6.1.3 Silvicultura, uso y cambio de uso de la tierrra (LULUCF)

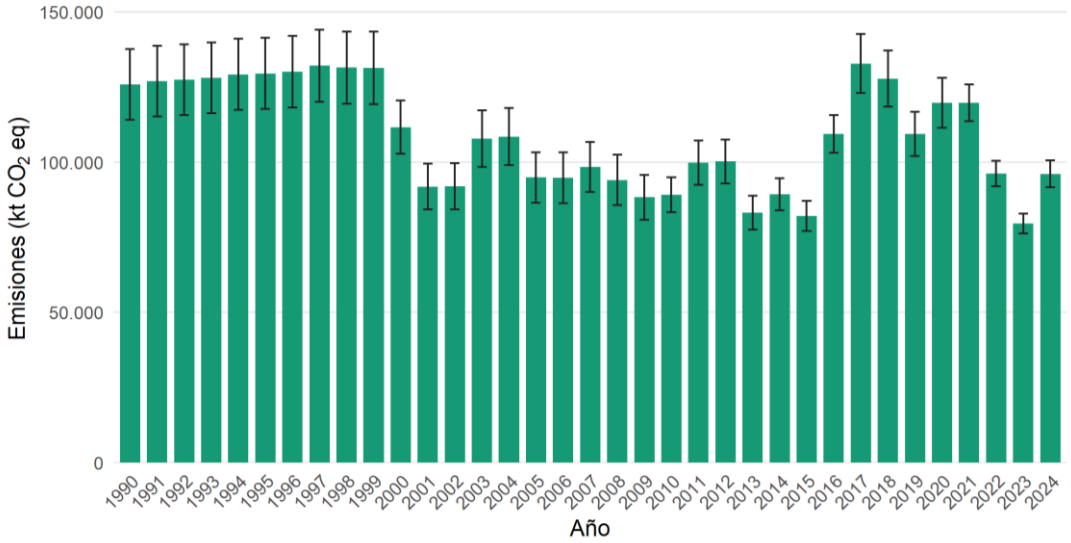


Figura 1-9. Tendencia de las emisiones totales de GEI para el sector LULUCF con su incertidumbre asociada de acuerdo al método de propagación del error [kt CO_2eq] (1990-2024).

Fuente: Elaboración propia.

Las emisiones del sector de silvicultura, uso y cambio de uso de la tierra presentan una incertidumbre promedio histórica de ±7,73 % para la serie 1990-2024. La incertidumbre disminuyó de ±9,36 % en 1990 a ±4,64 % en 2024, lo que representa una reducción relativa del 50,42 %, equivalente a 4,72 puntos porcentuales.

A lo largo de la serie se observa una tendencia general decreciente, aunque con algunas fluctuaciones asociadas a la variabilidad anual de las emisiones y a la participación de las distintas fuentes. La reducción se hace especialmente evidente desde 2021, cuando la incertidumbre pasó de ±6,93 % en 2020 a ±5,10 %. Posteriormente, alcanzó el valor mínimo de la serie en 2023, con ±4,14 %, y presentó un ligero incremento en 2024, hasta ±4,64 %.

Durante el periodo 1990-2024, las incertidumbres promedio de las emisiones por gas de efecto invernadero (GEI) fueron las siguientes:

- CO_2: ±3,82 %, con una reducción del 51,21 % entre 1990 y 2024.
- CH_4: ±19,93 %, con un aumento del 34,31 %.
- N_2O: ±15,34 %, con una reducción del 25,91 %.

El CH_4 presenta la mayor incertidumbre promedio y el comportamiento más variable de los gases analizados. Su incertidumbre alcanzó valores particularmente altos en 2008 y entre 2019 y 2021, con un máximo de ±55,46 % en 2019. Aunque disminuyó posteriormente, pasó de ±18,19 % en 2023 a ±24,48 % en 2024. Por su parte, el N_2O también presenta fluctuaciones importantes, con incertidumbres entre ±7,84 % y ±26,88 % durante la serie. El CO_2 registra los menores niveles de incertidumbre y una tendencia general decreciente, pasando de ±4,72 % en 1990 a ±2,30 % en 2024. Debido a su participación predominante en las emisiones del sector, esta reducción contribuye de manera importante a la disminución de la incertidumbre total de las emisiones de LULUCF.

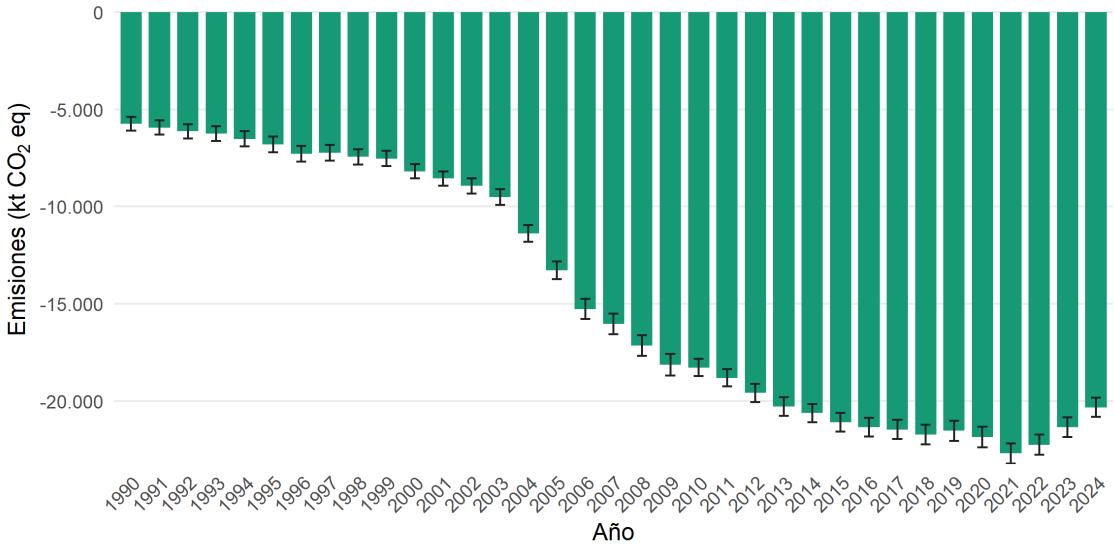


Figura 1-10. Tendencia de las absorciones de GEI para el sector LULUCF con su incertidumbre asociada de acuerdo al método de propagación del error [kt CO_2eq] (1990-2024).

Fuente: Elaboración propia.

Las absorciones del sector de silvicultura, uso y cambio de uso de la tierra presentan una incertidumbre promedio histórica de ±3,71 % para la serie 1990-2024. La incertidumbre disminuyó de ±6,08 % en 1990 a ±2,41 % en 2024, lo que representa una reducción relativa del 60,38 %, equivalente a 3,67 puntos porcentuales.

La incertidumbre de las absorciones muestra una tendencia decreciente durante la mayor parte de la serie. Esta reducción es especialmente marcada entre 1999 y 2010, cuando pasó de ±5,26 % a ±2,37 %. Posteriormente, se mantuvo relativamente estable, con valores cercanos al 2,3 %. El valor mínimo se registró en 2021, con ±2,24 %, seguido de un ligero aumento hasta alcanzar ±2,41 % en 2024.

Las absorciones corresponden exclusivamente a CO_2. La incertidumbre promedio histórica reportada para este gas fue de ±3,29 %, y disminuyó de ±3,05 % en 1990 a ±1,26 % en 2024, lo que representa una reducción relativa del 58,86 %. No obstante, durante la primera parte de la serie presentó una tendencia creciente y alcanzó su valor máximo en 1999, con ±5,69 %. A partir de 2000 se observa una reducción sostenida, particularmente desde 2011, hasta alcanzar el valor mínimo de la serie en 2024.

1.6.1.4 Agricultura

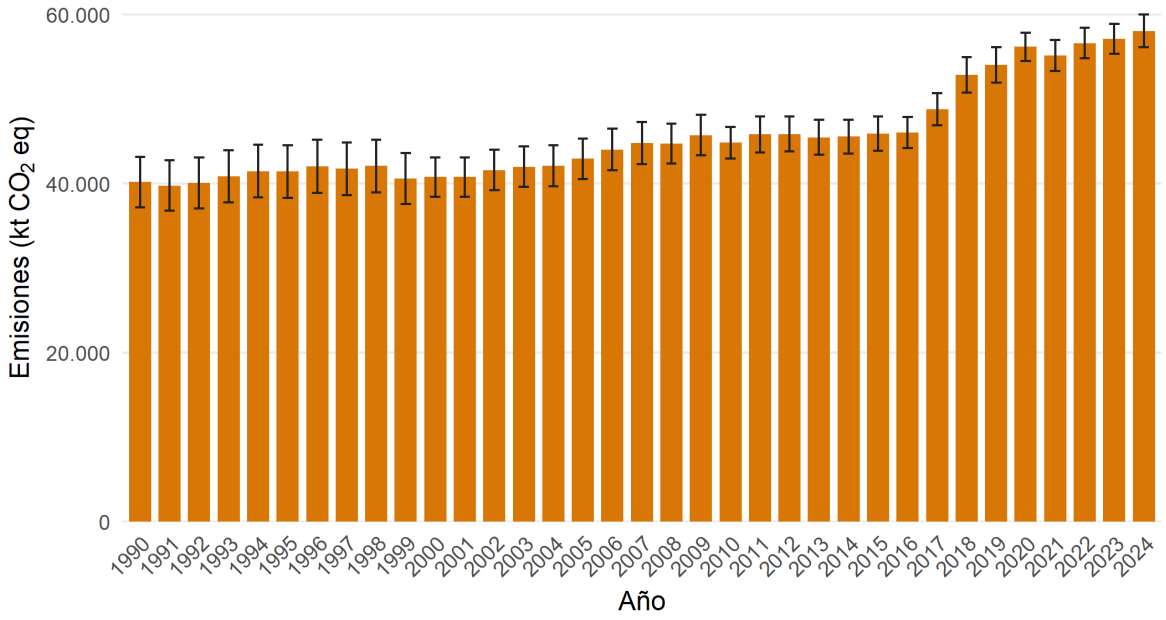


Figura 1-11. Tendencia de las emisiones netas de GEI para el sector Agricultura con su incertidumbre asociada de acuerdo al método de propagación del error [kt CO_2eq] (1990-2024).

Fuente: Elaboración propia.

El sector de agricultura presenta una incertidumbre promedio histórica de ±5,40 % para la serie 1990-2024. La incertidumbre sectorial disminuyó de ±7,44 % en 1990 a ±3,33 % en 2024, lo que representa una reducción relativa del 55,24 %, equivalente a 4,11 puntos porcentuales.

A lo largo de la serie se observa una tendencia general decreciente, con reducciones particularmente marcadas entre 1999 y 2000, cuando la incertidumbre pasó de ±7,37 % a ±5,73 %, y entre 2009 y 2010, cuando disminuyó de ±5,27 % a ±4,17 %. Posteriormente, la incertidumbre continuó descendiendo hasta alcanzar su valor mínimo en 2020, con ±2,99 %. Entre 2021 y 2023 se mantuvo relativamente estable, con valores entre ±3,14 % y ±3,33 %. En 2024 se presentó un ligero incremento, al pasar de ±3,14 % a ±3,33 %, aunque este valor continúa siendo considerablemente inferior al registrado al inicio de la serie.

Durante el periodo 1990-2021, las incertidumbres promedio para los gases de efecto invernadero (GEI) en este sector fueron las siguientes:

- CH_4: ±9,14 %, con una reducción del 26,68 % entre 1990 y 2021.
- CO_2: ±10,54 %, con una reducción del 30,62 %.
- N_2O: ±12,87 %, con una reducción del 37,47 %.

El N_2O presenta la mayor incertidumbre promedio histórica entre los gases analizados, seguido por el CO_2 y el CH_4. Aunque los tres gases muestran una reducción respecto a 1990, sus trayectorias presentan algunas variaciones interanuales. En el caso del CH_4, la incertidumbre alcanzó en 2021 su valor mínimo de la serie, con ±7,61 %. Para el CO_2, la reducción más marcada se presentó entre 2010 y 2011, al pasar de ±11,37 % a ±7,69 %, mientras que en los años posteriores se mantuvo entre ±7,60 % y ±8,55 %. Por su parte, la incertidumbre del N_2O disminuyó de manera importante entre 2004 y 2005, al pasar de ±15,26 % a ±11,20 %, y posteriormente se mantuvo alrededor del 10 %, hasta alcanzar ±10,05 % en 2021.

1.6.1.5 Residuos

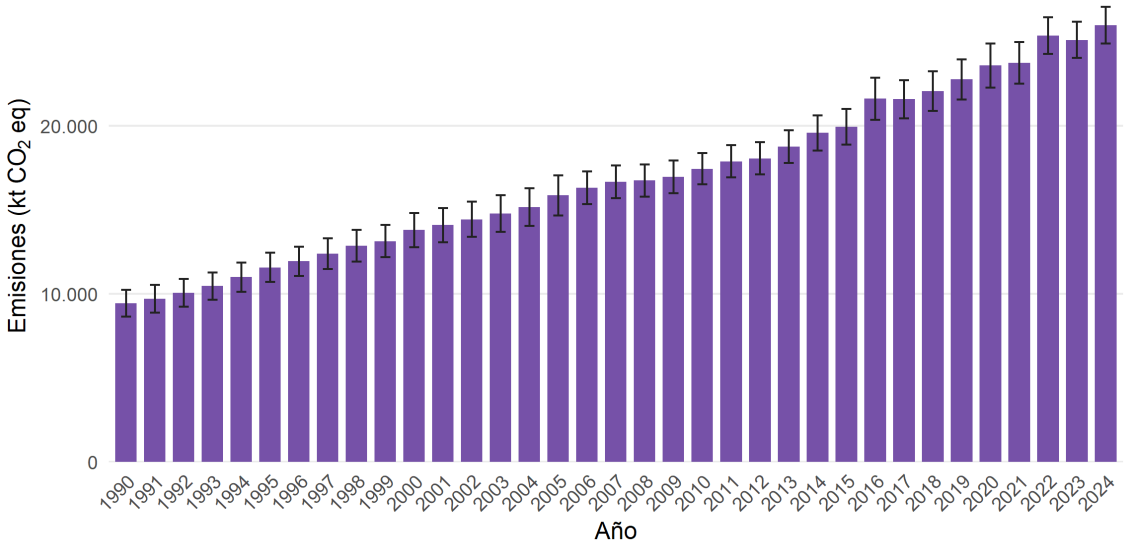


Figura 1-12. Tendencia de las emisiones netas de GEI para el sector Residuos con su incertidumbre asociada de acuerdo al método de propagación del error [kt CO_2eq] (1990-2024).

Fuente: Elaboración propia.

El sector residuos presenta una incertidumbre promedio histórica de ±6,37 % para la serie 1990-2024. La incertidumbre disminuyó de ±8,47 % en 1990 a ±4,24 % en 2024, lo que representa una reducción relativa del 49,96 %, equivalente a 4,23 puntos porcentuales. A lo largo de la serie se observa una tendencia general decreciente. Entre 1990 y 2005, la incertidumbre se mantuvo entre aproximadamente ±7,3 % y ±8,5 %. En 2006 se presentó una reducción importante, al pasar de ±7,59 % a ±5,98 %, y posteriormente se mantuvo alrededor del 5 % hasta 2021. En 2022 ocurrió una nueva disminución, hasta ±4,29 %, y en 2024 se alcanzó el valor mínimo de la serie, con ±4,24 %.

Durante el periodo 1990-2024, las incertidumbres promedio para los gases de efecto invernadero (GEI) fueron las siguientes:

- CO_2: ±3,97 %, con una reducción del 5,67 % entre 1990 y 2024.
- CH_4: ±3,50 %, con una reducción del 49,91 %.
- N_2O: ±3,64 %, con una reducción del 75,79 %.

El N_2O presenta la mayor reducción relativa entre los gases analizados, al pasar de ±6,54 % en 1990 a ±1,58 % en 2024. Aunque su comportamiento fue fluctuante durante los primeros años y alcanzó un máximo de ±6,86 % en 1995, desde entonces muestra una tendencia general decreciente. La incertidumbre del CH_4 también disminuyó de manera sostenida, desde ±4,75 % en 1990 hasta ±2,38 % en 2024, año en el que alcanzó su valor mínimo. Por su parte, el CO_2 presenta un comportamiento más estable, con valores entre aproximadamente ±3,5 % y ±4,4 %. Su incertidumbre aumentó gradualmente hasta alcanzar un máximo de ±4,37 % en 2006 y posteriormente disminuyó hasta ±3,70 % en 2024. En conjunto, las reducciones observadas para el CH_4 y el N_2O explican en buena medida la disminución de la incertidumbre total del sector.

1.7 Evaluación general de la exhaustividad

1.7.1 Información sobre la exhaustividad

La tabla de reporte común (CRT) 9 detalla la información sobre la exhaustividad y completitud del inventario de Colombia. Dicho inventario contempla todas las fuentes y sumideros de carbono descritos por el IPCC y establece su árbol de categorías considerando las circunstancias nacionales (Anexo 1.1. Árbol de categorías del SINGEI). Las subcategorías no consideradas en el inventario se identifican con claridad a través del uso de las respctivas claves de notación y las respectivas justificaciones.

Como se ha mencionado, Colombia incorpora el concepto de inventario de emisiones y absorciones atmosféricas en el contexto nacional para involucrar en un único ciclo la estimación de GEI, carbono negro y contaminantes criterio a nivel nacional y territorial.

1.7.2 Descripción de las categorías insignificantes

En la mayoría de los casos, el uso de la clave de notación NE se da por la falta de información (Tabla 1-11). Sin embargo, en el presente ciclo de inventario se logró identificar que la categoría 5.B.1.a. Residuos sólidos municipales en promedio aportaría 15,0 kt CO_2eq al inventario con una participación inferior a 0,006% de las emisiones netas, justificándose como una categoría insignificante de acuerdo con el párrafo 32 de la Decisión 18/CMA1.

1.7.3 Total nacional agregado de las categorías insignificantes

La categoría 5.B.1.a. Residuos sólidos municipales aporta al 0,006% del inventario, justificándose como una categoría insignificante de acuerdo con el párrafo 32 de la Decisión 18/CMA1.

1.7.4 Fuentes reportadas como incluidas en otro lugar (IE) o no estimadas (NE) en las CRT

De acuerdo con la CRT9, la siguiente tabla resume las subcategorías que poseen clave de notación IE o NE:

Tabla 1-10. Exhaustividad y transparencia del inventario de emisiones y absorciones atmosféricas de Colombia en el 2024 ante la CMNUCC.

Sector	IE	NE
1. Energía	**11**	**29**
CH4	4	12
CO2	4	13
N2O	3	4
2. IPPU	**0**	**3**
CO2	0	2
N2O	0	1
3. Agricultura	**11**	**5**
CH4	2	2
CO2	9	2
N2O	0	1
4. LULUCF	**15**	**564**
CH4	0	93
CO2	15	276
N2O	0	195
5. Residuos	**25**	**33**
CH4	22	16
CO2	1	4
N2O	2	13
Total	**62**	**634**

Fuente: Elaboración propia.

Las siguientes tablas resumen las principales categorías estimadas en otro lugar o no estimadas en el inventario nacional:

Tabla 1-11. Subcategorías no estimadas (NE) en el INGEI de Colombia.

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Contaminante	Periodo (NE)	Justificación	Actividad propuesta para incluir en futuros inventarios	Plazo	Actores
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.1. Industrias de la energía	1.A.1.c. Fabricación de combustibles sólidos y otras energías	1.A.1.c.i. Manufactura de combustibles sólidos		N_2O		La estimación de CO_2 y CH_4 se realiza a partir de la producción de coque, conforme a la metodología del IPCC. No obstante, la estimación de N_2O requiere información sobre las tecnologías y condiciones de combustión utilizadas en estas instalaciones, la cual no se encuentra disponible.	Recopilar información sobre las tecnologías y condiciones de combustión empleadas en las plantas de manufactura de combustibles sólidos para estimar las emisiones de N2O de acuerdo con las Directrices del IPCC.	BTR5	Ideam, Ministerio de Minas y Energía, UPME, Asocoque, productores de coque
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.4. Otros sectores	1.A.4.a. Comercial/institucional	1.A.4.a.ii.Móviles (Vehículos todoterreno y otra maquinaria).		CO_2, CH_4, N_2O	1990 - 2024	No se dispone de un inventario nacional de maquinaria ni de información sobre el consumo de combustible que permita identificar las emisiones asociadas a la maquinaria móvil utilizada en el sector comercial e institucional. Los inventarios nacionales disponibles corresponden a los sectores industrial y agricultura, silvicultura y pesca.	Evaluar, con base en el inventario nacional de maquinaria fuera de carretera disponible y mediante juicio de experto, la posible contribución de la maquinaria utilizada en el sector comercial e institucional, con el fin de determinar la pertinencia de desarrollar un criterio de asignación de emisiones para esta categoría.	BTR5	Ideam, Minenergía, Minvivienda, expertos sectoriales
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.4. Otros sectores	1.A.4.b. Residencial	1.A.4.b.ii. Móviles (Vehículos todoterreno y otra maquinaria)		CO_2, CH_4, N_2O	1990 - 2024	No se dispone de un inventario nacional de maquinaria ni de información sobre el consumo de combustible que permita identificar las emisiones asociadas a la maquinaria móvil utilizada en el sector residencial. Los inventarios nacionales disponibles corresponden a los sectores industrial y agricultura, silvicultura y pesca.	Evaluar, con base en el inventario nacional de maquinaria fuera de carretera disponible y mediante juicio de experto, la posible contribución de la maquinaria utilizada en el sector residencial, con el fin de determinar la pertinencia de desarrollar un criterio de asignación de emisiones para esta categoría.	BTR5	Ideam, Minenergía, Minvivienda, expertos sectoriales
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.1. Combustibles sólidos	1.B.1.a. Minería carbonífera y manejo del carbón.	1.B.1.a.i Minas subterráneas	1.B.1.a.i.3 Minas subterráneas abandonadas	CO_2, CH_4	1990 - 2024	No se dispone de información consolidada de minas subterráneas abandonadas ni de información sobre sus características operativas, estado de inundación y recuperación de gas, lo que no	Consolidar la información disponible sobre minas subterráneas abandonadas y caracterizar su estado operativo y geográfico para evaluar la	BTR4	ANM, Ideam, Minenergía

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Contaminante	Periodo (NE)	Justificación	Actividad propuesta para incluir en futuros inventarios	Plazo	Actores
								permite estimar las emisiones residuales asociadas a esta categoría.	incorporación de las emisiones residuales de metano en futuros inventarios.		
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.1. Combustibles sólidos	1.B.1.a. Minería carbonífera y manejo del carbón.	1.B.1.a.ii. Minas de superficie	1.B.1.a.ii.2. Emisiones posteriores a la minería	CO_2	1990 - 2024	No se han estimado las emisiones de CO2 debido a que no se cuenta con un factor de emisión para este contaminante.	Revisar metodologías y factores de emisión disponibles a nivel internacional y evaluar el desarrollo o adopción de un factor de emisión aplicable a las condiciones nacionales.	BTR5	ANM, Ideam, Minenergía, academia
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	1.B.2.a. Petróleo	1.B.2.a.vi. Pozos abandonados		CO_2, CH_4	1990 - 2024	No se dispone de información sobre de pozos petroleros abandonados ni de información sobre sus características y estado, por lo que no es posible estimar las emisiones fugitivas asociadas a esta categoría.	Fortalecer la disponibilidad de información sobre pozos petroleros abandonados, incluyendo su estado y características técnicas, con el fin de evaluar su incorporación en las estimaciones de emisiones fugitivas.	BTR4	Minenergía, Ecopetrol, Ideam
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	1.B.2.b. Gas natural	1.B.2.b.vi. Otros	1.B.2.b.vi.1. Post-medidor de gas	CH_4	1990 - 2024	No se dispone de información sobre la infraestructura y operación del sistema post-medidor de gas natural que permita estimar las emisiones fugitivas asociadas a esta categoría.	Recopilar información sobre la infraestructura y operación del sistema post-medidor y desarrollar un procedimiento para estimar las emisiones fugitivas de metano.	BTR5	Minenergía, Ideam, CREG, empresas del sector
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	1.B.2.b. Gas natural	1.B.2.b.vi. Otros	1.B.2.b.vi.2. Pozos abandonados	CH_4	1990 - 2024	No se dispone de información sobre pozos de gas natural abandonados ni de información sobre sus características y estado, por lo que no es posible estimar las emisiones fugitivas de CH4 asociadas a esta categoría.	Consolidar información de pozos abandonados y caracterizar su estado para estimar las emisiones fugitivas de metano.	BTR5	ANH, MinMinas, Ideam
1. Energía	1.D. Aviación internacional y navegación internacional (bunkers internacionales) y operaciones multilaterales	1.D.2. Operaciones multilaterales				CO_2, CH_4, N_2O	1990 - 2024	No se cuenta con información que permita identificar y cuantificar las actividades de combustión correspondientes a operaciones multilaterales, por lo que no es posible estimar las emisiones para esta categoría.	Identificar las actividades de combustión correspondientes a operaciones multilaterales y evaluar la disponibilidad de información para estimar las emisiones asociadas.	BTR4	Ideam, Mintransporte
2. IPPU	2.A. Industria de los minerales	2.A.4. Otros usos industriales de los carbonatos	2.A.4.a. Cerámica			CO_2	1990 - 2024	No se dispone de información sobre el consumo de carbonatos en la industria cerámica que permita estimar las emisiones de CO2 asociadas a esta categoría.	Recopilar información sobre el consumo de carbonatos en la industria cerámica con el sector	BTR3	Ideam, Comité cerámico (ANDI)

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Contaminante	Periodo (NE)	Justificación	Actividad propuesta para incluir en futuros inventarios	Plazo	Actores
3. Agricultura	3.G. Encalado	3.G.1. Piedra caliza CaCO3				CO_2	1990-2024	No se dispone de información sobre consumos por tipo de cal con fines agrícolas	Recopilar información sobre consumos por tipo de cal en el sector agrícola articuladamente con UPRA y Minagricultura	BTR5	Ideam, Minagricultura, UPRA, ICA
3. Agricultura	3.A. Fermentación entérica	3.A.4. Otro ganado	3.A.4.h. Otros	3.A.4.h.v. Otros	3.A.4.h.v.1. Ponedoras 3.A.4.h.v.2. Pollos de engorde	CH_4	1990-2024	No se estimaron emisiones de CH4 por fermentación entérica asociadas a las poblaciones de gallinas ponedoras y pollos de engorde, debido a que las Directrices del IPCC no proporcionan factores de emisión para estas categorías. El IPCC indica que la información científica disponible es insuficiente para desarrollar factores de emisión representativos para estas especies.	Identificar la posibilidad de obtener factores de emisión nacionales para identificar si estas emisiones aplican o no en el país	BTR5	Ideam, Minagricultura, UPRA, ICA, Fenavi
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.2. Tierras convertidas a tierras de cultivo	4.B.2.b. Pastizales convertidos a tierras de cultivo 4.B.2.c. Humedales convertidos a tierras de cultivo 4.B.2.d. Asentamientos convertidos a tierras de cultivo 4.B.2.e. Otras tierras convertidas a tierras de cultivo			CO_2	1990-2024	No se estiman las emisiones/remociones de carbono asociadas a las conversiones de tierras a cultivos debido a que no se dispone de información sobre los contenidos de carbono en los suelos ni de información del uso previo requerida para asignar el contenido de carbono correspondiente. Actualmente, la información de actividad disponible únicamente permite identificar la conversión de bosque natural a tierras de cultivo.	Fortalecer la información espacial e histórica sobre cambios de uso del suelo hacia tierras de cultivo e incorporar información nacional sobre contenidos de carbono en suelos que permita estimar las conversiones desde otras categorías de uso de la tierra.	BTR5	Ideam, IGAC y Minambiente
4. LULUCF	4.C. Pastizales	4.C.2. Tierras convertidas a pastizales	4.C.2.b. Tierras de cultivo convertidas a pastizales 4.C.2.c. Humedales convertidos a pastizales 4.C.2.d. Asentamientos convertidos a pastizales 4.C.2.e. Otras tierras convertidas a pastizales			CO_2	1990-2024	No se estiman las emisiones/remociones de carbono asociadas a las conversiones a pastizales desde usos de la tierra diferentes a tierras forestales, debido a que el país únicamente cuenta con información de actividad para la conversión de bosque natural a pastizales.	Fortalecer la información espacial e histórica sobre cambios de uso del suelo hacia pastizales, incorporando información que permita identificar y cuantificar las conversiones desde otras categorías de uso de la tierra.	BTR5	Ideam, IGAC y Minambiente

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Contaminante	Periodo (NE)	Justificación	Actividad propuesta para incluir en futuros inventarios	Plazo	Actores
4. LULUCF	4.D. Humedales	4.D.1 Humedales que permanecen como tales	4.D.1.a. Extracción de turba que permanece como tal 4.D.1.c. Otros humedales que permanecen como tales			CO_2	1990-2024	No se estiman las emisiones de esta categoría debido a que no se ha realizado un análisis que permita identificar claramente áreas de humedales diferentes a los embalses y no se cuenta con los factores de emisión correspondientes.	Desarrollar y consolidar información nacional sobre la extensión y caracterización de humedales diferentes a los embalses, así como recopilar o generar factores de emisión que permitan estimar las emisiones asociadas.	BTR5	Ideam, Instituto Humboldt, IGAC y Minambiente
4. LULUCF	4.D. Humedales	4.D.2. Tierras convertidas a humedales	4.D.2.a. Tierras convertidas a extracción de turba	4.D.2.a.i. Tierras forestales convertidas a extracción de turba 4.D.2.a.ii. Tierras de cultivo convertidas a extracción de turba 4.D.2.a.iii. Pastizales convertidos a extracción de turba 4.D.2.a.iv. Asentamientos convertidos a extracción de turba 4.D.2.a.v. Otras tierras convertidas a extracción de turba		CO_2	1990-2024	No se estiman las emisiones/remociones asociadas a las conversiones a humedales desde usos de la tierra diferentes a tierras forestales, debido a que el país únicamente cuenta con información de actividad para la conversión de bosque natural a tierras inundadas. Adicionalmente, no se dispone de información suficiente para identificar claramente otras áreas de humedales ni de los factores de emisión correspondientes.	Fortalecer la información espacial e histórica sobre cambios de uso del suelo hacia humedales y desarrollar información nacional que permita identificar otras categorías de humedales y sus respectivos factores de emisión.	BTR5	Ideam, Instituto Humboldt, IGAC y Minambiente
4. LULUCF	4.D. Humedales	4.D.2. Tierras convertidas a humedales	4.D.2.b. Tierras convertidas a tierras inundadas	4.D.2.b.ii. Tierras de cultivo convertidas a tierras inundadas 4.D.2.b.iii. Pastizales convertidos a tierras inundadas 4.D.2.b.iv. Asentamientos convertidos a tierras inundadas 4.D.2.b.v. Humedales convertidos a tierras inundadas		CO_2	1990-2024	No se estiman las emisiones/remociones asociadas a las conversiones a humedales desde usos de la tierra diferentes a tierras forestales, debido a que el país únicamente cuenta con información de actividad para la conversión de bosque natural a tierras inundadas. Adicionalmente, no se dispone de información suficiente para identificar claramente otras áreas de humedales ni de los factores de emisión correspondientes.	Fortalecer la información espacial e histórica sobre cambios de uso del suelo hacia humedales y desarrollar información nacional que permita identificar otras categorías de humedales y sus respectivos factores de emisión.	BTR5	Ideam, Instituto Humboldt, IGAC y Minambiente
4. LULUCF	4.D. Humedales	4.D.2. Tierras convertidas a humedales	4.D.2.c. Tierras convertidas a otros humedales	4.D.2.c.i. Tierras forestales convertidas a otros humedales 4.D.2.c.iii.		CO_2	1990-2024	No se estiman las emisiones/remociones asociadas a las conversiones a humedales desde usos de la tierra diferentes a tierras	Fortalecer la información espacial e histórica sobre cambios de uso del suelo hacia humedales y desarrollar información	BTR5	Ideam, Instituto Humboldt, IGAC y Minambiente

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Contaminante	Periodo (NE)	Justificación	Actividad propuesta para incluir en futuros inventarios	Plazo	Actores
				Pastizales convertidos a otros humedales 4.D.2.c.iv. Asentamientos convertidos a otros humedales				forestales, debido a que el país únicamente cuenta con información de actividad para la conversión de bosque natural a tierras inundadas. Adicionalmente, no se dispone de información suficiente para identificar claramente otras áreas de humedales ni de los factores de emisión correspondientes.	nacional que permita identificar otras categorías de humedales y sus respectivos factores de emisión.		
4. LULUCF	4.E. Asentamientos	4.E.2. Tierras convertidas a asentamientos	4.E.2.b. Tierras de cultivo convertidas a asentamientos 4.E.2.c. Pastizales convertidos a asentamientos 4.E.2.d. Humedales convertidos a asentamientos 4.E.2.e. Otras tierras convertidas a asentamientos			CO_2	1990-2024	No se estiman las emisiones/remociones asociadas a las conversiones a asentamientos desde usos de la tierra diferentes a tierras forestales, debido a que el país únicamente cuenta con información de actividad para la conversión de bosque natural a áreas urbanizadas.	Fortalecer la información espacial e histórica sobre cambios de uso del suelo hacia asentamientos, incorporando información que permita identificar y cuantificar las conversiones desde otras categorías de uso de la tierra.	BTR5	Ideam, IGAC y Minambiente
4. LULUCF	4.F. Otras tierras	4.F.1. Otras tierras que permanecen como tales				CO_2	1990-2024	No se estiman las emisiones/remociones asociadas a las conversiones a otras tierras desde usos de la tierra diferentes a tierras forestales, debido a que el país únicamente cuenta con información de actividad para la conversión de bosque natural a áreas desprovistas de vegetación.	Fortalecer la información espacial e histórica sobre cambios de uso del suelo hacia otras tierras, incorporando información que permita identificar y cuantificar las conversiones desde otras categorías de uso de la tierra.	BTR5	Ideam, IGAC y Minambiente
4. LULUCF	4.F. Otras tierras	4.F.2. Tierras convertidas a otras tierras	4.F.2.b. Tierras de cultivo convertidas a otras tierras 4.F.2.c. Pastizales convertidos a otras tierras 4.F.2.d. Humedales convertidos a otras tierras 4.F.2.e. Asentamientos convertidos a otras tierras			CO_2	1990-2024	No se estiman las emisiones/remociones asociadas a las conversiones a otras tierras desde usos de la tierra diferentes a tierras forestales, debido a que el país únicamente cuenta con información de actividad para la conversión de bosque natural a áreas desprovistas de vegetación.	Fortalecer la información espacial e histórica sobre cambios de uso del suelo hacia otras tierras, incorporando información que permita identificar y cuantificar las conversiones desde otras categorías de uso de la tierra.	BTR5	Ideam, IGAC y Minambiente

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Contaminante	Periodo (NE)	Justificación	Actividad propuesta para incluir en futuros inventarios	Plazo	Actores
4. LULUCF	4.(I). Emisiones directas de N2O procedentes de aportes de N a suelos gestionados	4(I).A. Tierras forestales	4(I).A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	4(I).A.1.a. Fertilizantes inorgánicos nitrogenados 4(I).A.1.b. Fertilizantes orgánicos nitrogenados		N_2O	1990-2024	No se estiman las emisiones directas e indirectas de N_2O provenientes de entradas de nitrógeno a suelos gestionados diferentes a cultivos y pastizales, debido a que no se dispone de información sobre las entradas de nitrógeno requeridas para la estimación en las categorías correspondientes, particularmente en áreas de humedales y asentamientos.	Fortalecer la recopilación de información sobre las entradas de nitrógeno en suelos gestionados diferentes a cultivos y pastizales, incluyendo fertilizantes orgánicos e inorgánicos, con el fin de implementar las estimaciones de emisiones directas e indirectas de N_2O.	BTR5	Ideam, Minagricultura, IGAC y Minambiente
4. LULUCF	4.(I). Emisiones directas de N2O procedentes de aportes de N a suelos gestionados	4(I).A. Tierras forestales	4(I).A.2. Tierras convertidas a tierras forestales	4(I).A.2.a. Fertilizantes inorgánicos nitrogenados 4(I).A.2.b. Fertilizantes orgánicos nitrogenados		N_2O	1990-2024	No se estiman las emisiones directas e indirectas de N_2O provenientes de entradas de nitrógeno a suelos gestionados diferentes a cultivos y pastizales, debido a que no se dispone de información sobre las entradas de nitrógeno requeridas para la estimación en las categorías correspondientes, particularmente en áreas de humedales y asentamientos.	Fortalecer la recopilación de información sobre las entradas de nitrógeno en suelos gestionados diferentes a cultivos y pastizales, incluyendo fertilizantes orgánicos e inorgánicos, con el fin de implementar las estimaciones de emisiones directas e indirectas de N_2O.	BTR5	Ideam, Minagricultura, IGAC y Minambiente
4. LULUCF	4.(I). Emisiones directas de N2O procedentes de aportes de N a suelos gestionados	4(I).D. Humedales	4(I).D.1. Humedales que permanecen como tales	4(I).D.1.a. Fertilizantes inorgánicos nitrogenados 4(I).D.1.b. Fertilizantes orgánicos nitrogenados		N_2O	1990-2024	No se estiman las emisiones directas e indirectas de N_2O provenientes de entradas de nitrógeno a suelos gestionados diferentes a cultivos y pastizales, debido a que no se dispone de información sobre las entradas de nitrógeno requeridas para la estimación en las categorías correspondientes, particularmente en áreas de humedales y asentamientos.	Fortalecer la recopilación de información sobre las entradas de nitrógeno en suelos gestionados diferentes a cultivos y pastizales, incluyendo fertilizantes orgánicos e inorgánicos, con el fin de implementar las estimaciones de emisiones directas e indirectas de N_2O.	BTR5	Ideam, Minagricultura, IGAC y Minambiente
4. LULUCF	4.(I). Emisiones directas de N2O procedentes de aportes de N a suelos gestionados	4(I).D. Humedales	4(I).D.2. Tierras convertidas a humedales	4(I).D.2.a. Fertilizantes inorgánicos nitrogenados 4(I).D.2.b. Fertilizantes orgánicos nitrogenados		N_2O	1990-2024	No se estiman las emisiones directas e indirectas de N_2O provenientes de entradas de nitrógeno a suelos gestionados diferentes a cultivos y pastizales, debido a que no se dispone de información sobre las entradas de nitrógeno requeridas para la estimación en las categorías correspondientes, particularmente en áreas de humedales y asentamientos.	Fortalecer la recopilación de información sobre las entradas de nitrógeno en suelos gestionados diferentes a cultivos y pastizales, incluyendo fertilizantes orgánicos e inorgánicos, con el fin de implementar las estimaciones de emisiones directas e indirectas de N_2O.	BTR5	Ideam, Minagricultura, IGAC y Minambiente

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Contaminante	Periodo (NE)	Justificación	Actividad propuesta para incluir en futuros inventarios	Plazo	Actores
4. LULUCF	4.(I). Emisiones directas de N2O procedentes de aportes de N a suelos gestionados	4(I).E. Asentamientos	4(I).E.1. Asentamientos que permanecen como tales	4(I).E.1.a. Fertilizantes inorgánicos nitrogenados 4(I).E.1.b. Fertilizantes orgánicos nitrogenados		N_2O	1990-2024	No se estiman las emisiones directas e indirectas de N_2O provenientes de entradas de nitrógeno a suelos gestionados diferentes a cultivos y pastizales, debido a que no se dispone de información sobre las entradas de nitrógeno requeridas para la estimación en las categorías correspondientes, particularmente en áreas de humedales y asentamientos.	Fortalecer la recopilación de información sobre las entradas de nitrógeno en suelos gestionados diferentes a cultivos y pastizales, incluyendo fertilizantes orgánicos e inorgánicos, con el fin de implementar las estimaciones de emisiones directas e indirectas de N_2O.	BTR5	Ideam, Minagricultura, IGAC y Minambiente
4. LULUCF	4.(I). Emisiones directas de N2O procedentes de aportes de N a suelos gestionados	4(I).E. Asentamientos	4(I).E.2. Tierras convertidas en asentamientos	4(I).E.2.a. Fertilizantes inorgánicos nitrogenados 4(I).E.2.b. Fertilizantes orgánicos nitrogenados		N_2O	1990-2024	No se estiman las emisiones directas e indirectas de N_2O provenientes de entradas de nitrógeno a suelos gestionados diferentes a cultivos y pastizales, debido a que no se dispone de información sobre las entradas de nitrógeno requeridas para la estimación en las categorías correspondientes, particularmente en áreas de humedales y asentamientos.	Fortalecer la recopilación de información sobre las entradas de nitrógeno en suelos gestionados diferentes a cultivos y pastizales, incluyendo fertilizantes orgánicos e inorgánicos, con el fin de implementar las estimaciones de emisiones directas e indirectas de N_2O.	BTR5	Ideam, Minagricultura, IGAC y Minambiente
4. LULUCF	4.(I). Emisiones directas de N2O procedentes de aportes de N a suelos gestionados	4(I).H. Otro (especificar)	4(I).H.1. Fertilizantes inorgánicos nitrogenados			N_2O	1990-2024	No se estiman las emisiones directas e indirectas de N_2O provenientes de entradas de nitrógeno a suelos gestionados diferentes a cultivos y pastizales, debido a que no se dispone de información sobre las entradas de nitrógeno requeridas para la estimación en las categorías correspondientes, particularmente en áreas de humedales y asentamientos.	Fortalecer la recopilación de información sobre las entradas de nitrógeno en suelos gestionados diferentes a cultivos y pastizales, incluyendo fertilizantes orgánicos e inorgánicos, con el fin de implementar las estimaciones de emisiones directas e indirectas de N_2O.	BTR5	Ideam, Minagricultura, IGAC y Minambiente
4. LULUCF	4.(I). Emisiones directas de N2O procedentes de aportes de N a suelos gestionados	4(I).H. Otro (especificar)	4(I).H.2. Fertilizantes orgánicos nitrogenados			N_2O	1990-2024	No se estiman las emisiones directas e indirectas de N_2O provenientes de entradas de nitrógeno a suelos gestionados diferentes a cultivos y pastizales, debido a que no se dispone de información sobre las entradas de nitrógeno requeridas para la estimación en las categorías correspondientes, particularmente en áreas de humedales y asentamientos.	Fortalecer la recopilación de información sobre las entradas de nitrógeno en suelos gestionados diferentes a cultivos y pastizales, incluyendo fertilizantes orgánicos e inorgánicos, con el fin de implementar las estimaciones de emisiones directas e indirectas de N_2O.	BTR5	Ideam, Minagricultura, IGAC y Minambiente

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Contaminante	Periodo (NE)	Justificación	Actividad propuesta para incluir en futuros inventarios	Plazo	Actores
4. LULUCF	4.(II). Emisiones y absorciones provenientes del drenaje y rehumedecimiento y otros manejos de suelos orgánicos y minerales	4(II).A. Tierras forestales	4(II).A.1 Tierras forestales que permanecen como tales			N_2O	1990-2024	No se estiman las emisiones y absorciones provenientes del drenaje, rehumedecimiento y otros manejos de suelos orgánicos y minerales debido a que el país no cuenta con los datos de actividad requeridos para su estimación.	Fortalecer la recopilación y generación de información nacional sobre drenaje, rehumedecimiento y otros manejos de suelos orgánicos y minerales, con el fin de disponer de los datos de actividad requeridos para la estimación de emisiones y absorciones asociadas.	BTR5	Ideam, IGAC y Minambiente
4. LULUCF	4.(II). Emisiones y absorciones provenientes del drenaje y rehumedecimiento y otros manejos de suelos orgánicos y minerales	4(II).A. Tierras forestales	4(II).A.2 Tierras convertidas a tierras forestales			N_2O	1990-2024	No se estiman las emisiones y absorciones provenientes del drenaje, rehumedecimiento y otros manejos de suelos orgánicos y minerales debido a que el país no cuenta con los datos de actividad requeridos para su estimación.	Fortalecer la recopilación y generación de información nacional sobre drenaje, rehumedecimiento y otros manejos de suelos orgánicos y minerales, con el fin de disponer de los datos de actividad requeridos para la estimación de emisiones y absorciones asociadas.	BTR5	Ideam, IGAC y Minambiente
4. LULUCF	4.(II). Emisiones y absorciones provenientes del drenaje y rehumedecimiento y otros manejos de suelos orgánicos y minerales	4(II).B. Tierras de cultivo	4(II).B.1 Tierras de cultivo que permanecen como tales			N_2O	1990-2024	No se estiman las emisiones y absorciones provenientes del drenaje, rehumedecimiento y otros manejos de suelos orgánicos y minerales debido a que el país no cuenta con los datos de actividad requeridos para su estimación.	Fortalecer la recopilación y generación de información nacional sobre drenaje, rehumedecimiento y otros manejos de suelos orgánicos y minerales, con el fin de disponer de los datos de actividad requeridos para la estimación de emisiones y absorciones asociadas.	BTR5	Ideam, IGAC y Minambiente
4. LULUCF	4.(II). Emisiones y absorciones provenientes del drenaje y rehumedecimiento y otros manejos de suelos orgánicos y minerales	4(II).B. Tierras de cultivo	4(II).B.2 Tierras convertidas a tierras de cultivo			N_2O	1990-2024	No se estiman las emisiones y absorciones provenientes del drenaje, rehumedecimiento y otros manejos de suelos orgánicos y minerales debido a que el país no cuenta con los datos de actividad requeridos para su estimación.	Fortalecer la recopilación y generación de información nacional sobre drenaje, rehumedecimiento y otros manejos de suelos orgánicos y minerales, con el fin de disponer de los datos de actividad requeridos para la estimación de emisiones y absorciones asociadas.	BTR5	Ideam, IGAC y Minambiente
4. LULUCF	4.(II). Emisiones y absorciones provenientes del drenaje y	4(II).C. Pastizales	4(II).C.1. Pastizales que permanecen como tales			N_2O	1990-2024	No se estiman las emisiones y absorciones provenientes del drenaje, rehumedecimiento y otros manejos de suelos	Fortalecer la recopilación y generación de información nacional sobre drenaje,	BTR5	Ideam, IGAC y Minambiente

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Contaminante	Periodo (NE)	Justificación	Actividad propuesta para incluir en futuros inventarios	Plazo	Actores
	rehumedecimiento y otros manejos de suelos orgánicos y minerales							orgánicos y minerales debido a que el país no cuenta con los datos de actividad requeridos para su estimación.	rehumedecimiento y otros manejos de suelos orgánicos y minerales, con el fin de disponer de los datos de actividad requeridos para la estimación de emisiones y absorciones asociadas.		
4. LULUCF	4.(II). Emisiones y absorciones provenientes del drenaje y rehumedecimiento y otros manejos de suelos orgánicos y minerales	4(II).C. Pastizales	4(II).C.2. Tierras convertidas a pastizales			N_2O	1990-2024	No se estiman las emisiones y absorciones provenientes del drenaje, rehumedecimiento y otros manejos de suelos orgánicos y minerales debido a que el país no cuenta con los datos de actividad requeridos para su estimación.	Fortalecer la recopilación y generación de información nacional sobre drenaje, rehumedecimiento y otros manejos de suelos orgánicos y minerales, con el fin de disponer de los datos de actividad requeridos para la estimación de emisiones y absorciones asociadas.	BTR5	Ideam, IGAC y Minambiente
4. LULUCF	4.(II). Emisiones y absorciones provenientes del drenaje y rehumedecimiento y otros manejos de suelos orgánicos y minerales	4(II).D. Humedales	4(II).D.1.Humedales que permanecen como tales			N_2O	1990-2024	No se estiman las emisiones y absorciones provenientes del drenaje, rehumedecimiento y otros manejos de suelos orgánicos y minerales debido a que el país no cuenta con los datos de actividad requeridos para su estimación.	Fortalecer la recopilación y generación de información nacional sobre drenaje, rehumedecimiento y otros manejos de suelos orgánicos y minerales, con el fin de disponer de los datos de actividad requeridos para la estimación de emisiones y absorciones asociadas.	BTR5	Ideam, IGAC y Minambiente
4. LULUCF	4.(II). Emisiones y absorciones provenientes del drenaje y rehumedecimiento y otros manejos de suelos orgánicos y minerales	4(II).D. Humedales	4(II).D.2. Tierras convertidas a humedales			N_2O	1990-2024	No se estiman las emisiones y absorciones provenientes del drenaje, rehumedecimiento y otros manejos de suelos orgánicos y minerales debido a que el país no cuenta con los datos de actividad requeridos para su estimación.	Fortalecer la recopilación y generación de información nacional sobre drenaje, rehumedecimiento y otros manejos de suelos orgánicos y minerales, con el fin de disponer de los datos de actividad requeridos para la estimación de emisiones y absorciones asociadas.	BTR5	Ideam, IGAC y Minambiente
4. LULUCF	4.(II). Emisiones y absorciones provenientes del drenaje y rehumedecimiento y otros manejos de suelos	4(II).E. Asentamientos	4(II).E.1 Asentamientos que permanecen como tales			N_2O	1990-2024	No se estiman las emisiones y absorciones provenientes del drenaje, rehumedecimiento y otros manejos de suelos orgánicos y minerales debido a que el país no cuenta con los datos de actividad requeridos para su estimación.	Fortalecer la recopilación y generación de información nacional sobre drenaje, rehumedecimiento y otros manejos de suelos orgánicos y minerales, con el fin de disponer de los	BTR5	Ideam, IGAC y Minambiente

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Contaminante	Periodo (NE)	Justificación	Actividad propuesta para incluir en futuros inventarios	Plazo	Actores
	orgánicos y minerales								datos de actividad requeridos para la estimación de emisiones y absorciones asociadas.		
4. LULUCF	4.(II). Emisiones y absorciones provenientes del drenaje y rehumedecimiento y otros manejos de suelos orgánicos y minerales	4(II).E. Asentamientos	4(II).E.2 Tierras convertidas a asentamientos			N_2O	1990-2024	No se estiman las emisiones y absorciones provenientes del drenaje, rehumedecimiento y otros manejos de suelos orgánicos y minerales debido a que el país no cuenta con los datos de actividad requeridos para su estimación.	Fortalecer la recopilación y generación de información nacional sobre drenaje, rehumedecimiento y otros manejos de suelos orgánicos y minerales, con el fin de disponer de los datos de actividad requeridos para la estimación de emisiones y absorciones asociadas.	BTR5	Ideam, IGAC y Minambiente
4. LULUCF	4.(II). Emisiones y absorciones provenientes del drenaje y rehumedecimiento y otros manejos de suelos orgánicos y minerales	4(II).F. Otras tierras	4(II).F.2 Tierras convertidas a otras tierras			N_2O	1990-2024	No se estiman las emisiones y absorciones provenientes del drenaje, rehumedecimiento y otros manejos de suelos orgánicos y minerales debido a que el país no cuenta con los datos de actividad requeridos para su estimación.	Fortalecer la recopilación y generación de información nacional sobre drenaje, rehumedecimiento y otros manejos de suelos orgánicos y minerales, con el fin de disponer de los datos de actividad requeridos para la estimación de emisiones y absorciones asociadas.	BTR5	Ideam, IGAC y Minambiente
4. LULUCF	4(III). Emisiones directas e indirectas de óxido nitroso (N2O) por mineralización/ inmovilización de nitrógeno (N) asociadas con la pérdida/ganancia de materia orgánica del suelo	4(III).A. Tierras forestales	4(III).A.1. Tierras forestales que permanecen como tales			N_2O	1990-2024	No se estiman las emisiones directas e indirectas de N_2O por mineralización/inmovilización de nitrógeno asociadas a la pérdida o ganancia de materia orgánica del suelo en usos de la tierra diferentes a tierras forestales, debido a que el país no cuenta con la información completa de la matriz de cambio de uso de la tierra requerida para su estimación.	Fortalecer y consolidar la matriz nacional de cambio de uso de la tierra, de manera que permita estimar las emisiones directas e indirectas de N_2O asociadas a la pérdida o ganancia de materia orgánica del suelo en todas las categorías de uso de la tierra.	BTR5	Ideam, IGAC y Minambiente
4. LULUCF	4(III). Emisiones directas e indirectas de óxido nitroso (N2O) por mineralización/ inmovilización de nitrógeno (N) asociadas con la	4(III).A. Tierras forestales	4(III).A.2. Tierras convertidas a tierras forestales	4(III).A.2.a. Tierras de cultivo convertidas a tierras forestales 4(III).A.2.b. Pastizales convertidos a tierras forestales 4(III).A.2.c. Humedales		N_2O	1990-2024	No se estiman las emisiones directas e indirectas de N_2O por mineralización/inmovilización de nitrógeno asociadas a la pérdida o ganancia de materia orgánica del suelo en usos de la tierra diferentes a tierras forestales, debido a que el país no cuenta con la información	Fortalecer y consolidar la matriz nacional de cambio de uso de la tierra, de manera que permita estimar las emisiones directas e indirectas de N_2O asociadas a la pérdida o ganancia de materia orgánica del suelo en todas las	BTR5	Ideam, IGAC y Minambiente

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Contaminante	Periodo (NE)	Justificación	Actividad propuesta para incluir en futuros inventarios	Plazo	Actores
	pérdida/ganancia de materia orgánica del suelo			convertidos a tierras forestales 4(III).A.2.d. Asentamientos convertidos a tierras forestales 4(III).A.2.e. Otras tierras convertidas a tierras forestales				completa de la matriz de cambio de uso de la tierra requerida para su estimación.	categorías de uso de la tierra.		
4. LULUCF	4(III). Emisiones directas e indirectas de óxido nitroso (N2O) por mineralización/ inmovilización de nitrógeno (N) asociadas con la pérdida/ganancia de materia orgánica del suelo	4(III).B. Tierras de cultivo	4(III).B.2. Tierras convertidas a tierras de cultivo	4(III).B.2.a. Tierras forestales convertidas a tierras de cultivo 4(III).B.2.b. Pastizales convertidos a tierras de cultivo 4(III).B.2.c. Humedales convertidos a tierras de cultivo 4(III).B.2.d. Asentamientos convertidos a tierras de cultivo 4(III).B.2.e. Otras tierras convertidas a tierras de cultivo		N_2O	1990-2024	No se estiman las emisiones directas e indirectas de N_2O por mineralización/inmovilización de nitrógeno asociadas a la pérdida o ganancia de materia orgánica del suelo en usos de la tierra diferentes a tierras forestales, debido a que el país no cuenta con la información completa de la matriz de cambio de uso de la tierra requerida para su estimación.	Fortalecer y consolidar la matriz nacional de cambio de uso de la tierra, de manera que permita estimar las emisiones directas e indirectas de N_2O asociadas a la pérdida o ganancia de materia orgánica del suelo en todas las categorías de uso de la tierra.	BTR5	Ideam, IGAC y Minambiente
4. LULUCF	4(III). Emisiones directas e indirectas de óxido nitroso (N2O) por mineralización/ inmovilización de nitrógeno (N) asociadas con la pérdida/ganancia de materia orgánica del suelo	4(III).C. Pastizales	4(III).C.1. Pastizales que permanecen como tales			N_2O	1990-2024	No se estiman las emisiones directas e indirectas de N_2O por mineralización/inmovilización de nitrógeno asociadas a la pérdida o ganancia de materia orgánica del suelo en usos de la tierra diferentes a tierras forestales, debido a que el país no cuenta con la información completa de la matriz de cambio de uso de la tierra requerida para su estimación.	Fortalecer y consolidar la matriz nacional de cambio de uso de la tierra, de manera que permita estimar las emisiones directas e indirectas de N_2O asociadas a la pérdida o ganancia de materia orgánica del suelo en todas las categorías de uso de la tierra.	BTR5	Ideam, IGAC y Minambiente
4. LULUCF	4(III). Emisiones directas e indirectas de óxido nitroso (N2O) por mineralización/ inmovilización de nitrógeno	4(III).C. Pastizales	4(III).C.2. Tierras convertidas a pastizales	4(III).C.2.a. Tierras forestales convertidas a pastizales 4(III).C.2.b. Tierras de cultivo convertidas a pastizales		N_2O	1990-2024	No se estiman las emisiones directas e indirectas de N_2O por mineralización/inmovilización de nitrógeno asociadas a la pérdida o ganancia de materia orgánica del suelo en usos de la tierra diferentes a tierras	Fortalecer y consolidar la matriz nacional de cambio de uso de la tierra, de manera que permita estimar las emisiones directas e indirectas de N_2O asociadas a la pérdida o ganancia de	BTR5	Ideam, IGAC y Minambiente

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Contaminante	Periodo (NE)	Justificación	Actividad propuesta para incluir en futuros inventarios	Plazo	Actores
	(N) asociadas con la pérdida/ganancia de materia orgánica del suelo			4(III).C.2.c. Humedales convertidos a pastizales 4(III).C.2.d. Asentamientos convertidos a pastizales 4(III).C.2.e. Otras tierras convertidas a pastizales				forestales, debido a que el país no cuenta con la información completa de la matriz de cambio de uso de la tierra requerida para su estimación.	materia orgánica del suelo en todas las categorías de uso de la tierra.		
4. LULUCF	4(III). Emisiones directas e indirectas de óxido nitroso (N2O) por mineralización/ inmovilización de nitrógeno (N) asociadas con la pérdida/ganancia de materia orgánica del suelo	4(III).D. Humedales	4(III).D.1. Humedales que permanecen como tales			N_2O	1990-2024	No se estiman las emisiones directas e indirectas de N_2O por mineralización/inmovilización de nitrógeno asociadas a la pérdida o ganancia de materia orgánica del suelo en usos de la tierra diferentes a tierras forestales, debido a que el país no cuenta con la información completa de la matriz de cambio de uso de la tierra requerida para su estimación.	Fortalecer y consolidar la matriz nacional de cambio de uso de la tierra, de manera que permita estimar las emisiones directas e indirectas de N_2O asociadas a la pérdida o ganancia de materia orgánica del suelo en todas las categorías de uso de la tierra.	BTR5	Ideam, IGAC y Minambiente
4. LULUCF	4(III). Emisiones directas e indirectas de óxido nitroso (N2O) por mineralización/ inmovilización de nitrógeno (N) asociadas con la pérdida/ganancia de materia orgánica del suelo	4(III).D. Humedales	4(III).D.2. Tierras convertidas a humedales	4(III).D.2.a. Tierras forestales convertidas a humedales 4(III).D.2.b. Tierras de cultivo convertidas a humedales 4(III).D.2.c. Pastizales convertidos a humedales 4(III).D.2.d. Asentamientos convertidos a humedales 4(III).D.2.e. Otras tierras convertidas a humedales		N_2O	1990-2024	No se estiman las emisiones directas e indirectas de N_2O por mineralización/inmovilización de nitrógeno asociadas a la pérdida o ganancia de materia orgánica del suelo en usos de la tierra diferentes a tierras forestales, debido a que el país no cuenta con la información completa de la matriz de cambio de uso de la tierra requerida para su estimación.	Fortalecer y consolidar la matriz nacional de cambio de uso de la tierra, de manera que permita estimar las emisiones directas e indirectas de N_2O asociadas a la pérdida o ganancia de materia orgánica del suelo en todas las categorías de uso de la tierra.	BTR5	Ideam, IGAC y Minambiente
4. LULUCF	4(III). Emisiones directas e indirectas de óxido nitroso (N2O) por mineralización/	4(III).E. Asentamientos	4(III).E.1. Asentamientos que permanecen como tales			N_2O	1990-2024	No se estiman las emisiones directas e indirectas de N_2O por mineralización/inmovilización de nitrógeno asociadas a la pérdida o ganancia de materia	Fortalecer y consolidar la matriz nacional de cambio de uso de la tierra, de manera que permita estimar las emisiones directas e indirectas de	BTR5	Ideam, IGAC y Minambiente

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Contaminante	Periodo (NE)	Justificación	Actividad propuesta para incluir en futuros inventarios	Plazo	Actores
	inmovilización de nitrógeno (N) asociadas con la pérdida/ganancia de materia orgánica del suelo							orgánica del suelo en usos de la tierra diferentes a tierras forestales, debido a que el país no cuenta con la información completa de la matriz de cambio de uso de la tierra requerida para su estimación.	N_2O asociadas a la pérdida o ganancia de materia orgánica del suelo en todas las categorías de uso de la tierra.		
4. LULUCF	4(III). Emisiones directas e indirectas de óxido nitroso (N2O) por mineralización/ inmovilización de nitrógeno (N) asociadas con la pérdida/ganancia de materia orgánica del suelo	4(III).E. Asentamientos	4(III).E.2. Tierras convertidas a asentamientos	4(III).E.2.a. Tierras forestales convertidas en asentamientos 4(III).E.2.b. Tierras de cultivo convertidas en asentamientos 4(III).E.2.c. Pastizales convertidos en asentamientos 4(III).E.2.d. Humedales convertidos en asentamientos 4(III).E.2.e. Otras tierras convertidas en asentamientos		N_2O	1990-2024	No se estiman las emisiones directas e indirectas de N_2O por mineralización/inmovilización de nitrógeno asociadas a la pérdida o ganancia de materia orgánica del suelo en usos de la tierra diferentes a tierras forestales, debido a que el país no cuenta con la información completa de la matriz de cambio de uso de la tierra requerida para su estimación.	Fortalecer y consolidar la matriz nacional de cambio de uso de la tierra, de manera que permita estimar las emisiones directas e indirectas de N_2O asociadas a la pérdida o ganancia de materia orgánica del suelo en todas las categorías de uso de la tierra.	BTR5	Ideam, IGAC y Minambiente
4. LULUCF	4(III). Emisiones directas e indirectas de óxido nitroso (N2O) por mineralización/ inmovilización de nitrógeno (N) asociadas con la pérdida/ganancia de materia orgánica del suelo	4(III).F. Otras tierras	4(III).F.2. Tierras convertidas a otras tierras	4(III).F.2.a. Tierras forestales convertidas a otras tierras 4(III).F.2.b. Tierras de cultivo convertidas a otras tierras 4(III).F.2.c. Pastizales convertidos a otras tierras 4(III).F.2.d. Humedales convertidos a otras tierras 4(III).F.2.e. Asentamientos convertidos a otras tierras		N_2O	1990-2024	No se estiman las emisiones directas e indirectas de N_2O por mineralización/inmovilización de nitrógeno asociadas a la pérdida o ganancia de materia orgánica del suelo en usos de la tierra diferentes a tierras forestales, debido a que el país no cuenta con la información completa de la matriz de cambio de uso de la tierra requerida para su estimación.	Fortalecer y consolidar la matriz nacional de cambio de uso de la tierra, de manera que permita estimar las emisiones directas e indirectas de N_2O asociadas a la pérdida o ganancia de materia orgánica del suelo en todas las categorías de uso de la tierra.	BTR5	Ideam, IGAC y Minambiente
4. LULUCF	4(IV). Quema de biomasa	4(IV).A. Tierras forestales	4(IV).A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	4(IV).A.1.a. Quema controlada		CO_2, CH_4, N_2O	1990-2024	No se estiman las emisiones de CO_2, CH_4 y N_2O asociadas a la quema de biomasa por conversión de tierras ni a las	Fortalecer la recopilación de información sobre eventos de quema de biomasa, incluyendo áreas	BTR5	Ideam, Minambiente, UNGRD y entidades

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Contaminante	Periodo (NE)	Justificación	Actividad propuesta para incluir en futuros inventarios	Plazo	Actores
								tierras que permanecen como tales diferentes a los incendios forestales, debido a la falta de información requerida para su estimación.	afectadas, tipo de cobertura y variables necesarias para la estimación de emisiones de CO_2, CH_4 y N_2O asociadas a la conversión y manejo de tierras.		generadoras de información sobre incendios y coberturas de la tierra.
4. LULUCF	4(IV). Quema de biomasa	4(IV).A. Tierras forestales	4(IV).A.2. Tierras convertidas en tierras forestales	4(IV).A.2.a. Quema controlada 4(IV).A.2.b. Incendios forestales		CO_2, CH_4, N_2O	1990-2024	No se estiman las emisiones de CO_2, CH_4 y N_2O asociadas a la quema de biomasa por conversión de tierras ni a las tierras que permanecen como tales diferentes a los incendios forestales, debido a la falta de información requerida para su estimación.	Fortalecer la recopilación de información sobre eventos de quema de biomasa, incluyendo áreas afectadas, tipo de cobertura y variables necesarias para la estimación de emisiones de CO_2, CH_4 y N_2O asociadas a la conversión y manejo de tierras.	BTR5	Ideam, Minambiente, UNGRD y entidades generadoras de información sobre incendios y coberturas de la tierra.
4. LULUCF	4(IV). Quema de biomasa	4(IV).B. Tierras de cultivo	4(IV).B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4(IV).B.1.a. Quema controlada		CO_2, CH_4, N_2O	1990-2024	No se estiman las emisiones de CO_2, CH_4 y N_2O asociadas a la quema de biomasa por conversión de tierras ni a las tierras que permanecen como tales diferentes a los incendios forestales, debido a la falta de información requerida para su estimación.	Fortalecer la recopilación de información sobre eventos de quema de biomasa, incluyendo áreas afectadas, tipo de cobertura y variables necesarias para la estimación de emisiones de CO_2, CH_4 y N_2O asociadas a la conversión y manejo de tierras.	BTR5	Ideam, Minambiente, UNGRD y entidades generadoras de información sobre incendios y coberturas de la tierra.
4. LULUCF	4(IV). Quema de biomasa	4(IV).B. Tierras de cultivo	4(IV).B.2. Tierras convertidas a tierras de cultivo	4(IV).B.2.a. Quema controlada 4(IV).B.2.b. Incendios forestales		CO_2, CH_4, N_2O	1990-2024	No se estiman las emisiones de CO_2, CH_4 y N_2O asociadas a la quema de biomasa por conversión de tierras ni a las tierras que permanecen como tales diferentes a los incendios forestales, debido a la falta de información requerida para su estimación.	Fortalecer la recopilación de información sobre eventos de quema de biomasa, incluyendo áreas afectadas, tipo de cobertura y variables necesarias para la estimación de emisiones de CO_2, CH_4 y N_2O asociadas a la conversión y manejo de tierras.	BTR5	Ideam, Minambiente, UNGRD y entidades generadoras de información sobre incendios y coberturas de la tierra.
4. LULUCF	4(IV). Quema de biomasa	4(IV).C. Pastizales	4(IV).C.1. Pastizales que permanecen como tales	4(IV).C.1.a. Quema controlada		CO_2, CH_4, N_2O	1990-2024	No se estiman las emisiones de CO_2, CH_4 y N_2O asociadas a la quema de biomasa por conversión de tierras ni a las tierras que permanecen como tales diferentes a los incendios forestales, debido a la falta de información requerida para su estimación.	Fortalecer la recopilación de información sobre eventos de quema de biomasa, incluyendo áreas afectadas, tipo de cobertura y variables necesarias para la estimación de emisiones de CO_2, CH_4 y N_2O asociadas a la conversión y manejo de tierras.	BTR5	Ideam, Minambiente, UNGRD y entidades generadoras de información sobre incendios y coberturas de la tierra.

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Contaminante	Periodo (NE)	Justificación	Actividad propuesta para incluir en futuros inventarios	Plazo	Actores
4. LULUCF	4(IV). Quema de biomasa	4(IV).C. Pastizales	4(IV).C.2. Tierras convertidas en Pastizales	4(IV).C.2.a. Quema controlada 4(IV).C.2.b. Incendios forestales		CO_2, CH_4, N_2O	1990-2024	No se estiman las emisiones de CO_2, CH_4 y N_2O asociadas a la quema de biomasa por conversión de tierras ni a las tierras que permanecen como tales diferentes a los incendios forestales, debido a la falta de información requerida para su estimación.	Fortalecer la recopilación de información sobre eventos de quema de biomasa, incluyendo áreas afectadas, tipo de cobertura y variables necesarias para la estimación de emisiones de CO_2, CH_4 y N_2O asociadas a la conversión y manejo de tierras.	BTR5	Ideam, Minambiente, UNGRD y entidades generadoras de información sobre incendios y coberturas de la tierra.
4. LULUCF	4(IV). Quema de biomasa	4(IV).D. Humedales	4(IV).D.1. Humedales que permanecen como tales	4(IV).D.1.a. Quema controlada 4(IV).D.1.b. Incendios forestales		CO_2, CH_4, N_2O	1990-2024	No se estiman las emisiones de CO_2, CH_4 y N_2O asociadas a la quema de biomasa por conversión de tierras ni a las tierras que permanecen como tales diferentes a los incendios forestales, debido a la falta de información requerida para su estimación.	Fortalecer la recopilación de información sobre eventos de quema de biomasa, incluyendo áreas afectadas, tipo de cobertura y variables necesarias para la estimación de emisiones de CO_2, CH_4 y N_2O asociadas a la conversión y manejo de tierras.	BTR5	Ideam, Minambiente, UNGRD y entidades generadoras de información sobre incendios y coberturas de la tierra.
4. LULUCF	4(IV). Quema de biomasa	4(IV).D. Humedales	4(IV).D.2. Tierras convertidas en humedales	4(IV).D.2.a. Quema controlada 4(IV).D.2.b. Incendios forestales		CO_2, CH_4, N_2O	1990-2024	No se estiman las emisiones de CO_2, CH_4 y N_2O asociadas a la quema de biomasa por conversión de tierras ni a las tierras que permanecen como tales diferentes a los incendios forestales, debido a la falta de información requerida para su estimación.	Fortalecer la recopilación de información sobre eventos de quema de biomasa, incluyendo áreas afectadas, tipo de cobertura y variables necesarias para la estimación de emisiones de CO_2, CH_4 y N_2O asociadas a la conversión y manejo de tierras.	BTR5	Ideam, Minambiente, UNGRD y entidades generadoras de información sobre incendios y coberturas de la tierra.
4. LULUCF	4(IV). Quema de biomasa	4(IV).E. Asentamientos	4(IV).E.1. Asentamientos que permanecen como tales	4(IV).E.1.a. Quema controlada 4(IV).E.1.b. Incendios forestales		CO_2, CH_4, N_2O	1990-2024	No se estiman las emisiones de CO_2, CH_4 y N_2O asociadas a la quema de biomasa por conversión de tierras ni a las tierras que permanecen como tales diferentes a los incendios forestales, debido a la falta de información requerida para su estimación.	Fortalecer la recopilación de información sobre eventos de quema de biomasa, incluyendo áreas afectadas, tipo de cobertura y variables necesarias para la estimación de emisiones de CO_2, CH_4 y N_2O asociadas a la conversión y manejo de tierras.	BTR5	Ideam, Minambiente, UNGRD y entidades generadoras de información sobre incendios y coberturas de la tierra.
4. LULUCF	4(IV). Quema de biomasa	4(IV).E. Asentamientos	4(IV).E.2. Tierras convertidas en Asentamientos	4(IV).E.2.a. Quema controlada 4(IV).E.2.b. Incendios forestales		CO_2, CH_4, N_2O	1990-2024	No se estiman las emisiones de CO_2, CH_4 y N_2O asociadas a la quema de biomasa por conversión de tierras ni a las tierras que permanecen como tales diferentes a los incendios forestales, debido a la falta de	Fortalecer la recopilación de información sobre eventos de quema de biomasa, incluyendo áreas afectadas, tipo de cobertura y variables necesarias para la estimación de emisiones	BTR5	Ideam, Minambiente, UNGRD y entidades generadoras de información sobre incendios y

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Contaminante	Periodo (NE)	Justificación	Actividad propuesta para incluir en futuros inventarios	Plazo	Actores
								información requerida para su estimación.	de CO_2, CH_4 y N_2O asociadas a la conversión y manejo de tierras.		coberturas de la tierra.
4. LULUCF	4(IV). Quema de biomasa	4(IV).F. Otras tierras	4(IV).F.2. Tierras convertidas en Otras tierras.	4(IV).F.2.a. Quema controlada 4(IV).F.2.b. Incendios forestales		CO_2, CH_4, N_2O	1990-2024	No se estiman las emisiones de CO_2, CH_4 y N_2O asociadas a la quema de biomasa por conversión de tierras ni a las tierras que permanecen como tales diferentes a los incendios forestales, debido a la falta de información requerida para su estimación.	Fortalecer la recopilación de información sobre eventos de quema de biomasa, incluyendo áreas afectadas, tipo de cobertura y variables necesarias para la estimación de emisiones de CO_2, CH_4 y N_2O asociadas a la conversión y manejo de tierras.	BTR5	Ideam, Minambiente, UNGRD y entidades generadoras de información sobre incendios y coberturas de la tierra.
5. Residuos	5.B. Tratamiento biológico de residuos sólidos	5.B.1. Compostaje	5.B.1.a. Residuos sólidos municipales			CH_4, N_2O	1990 - 2024	Se realizó una estimación preliminar con la información disponible; sin embargo, las emisiones estimadas resultaron inferiores al umbral de materialidad del inventario, por lo que la categoría no se incorporó en la estimación final.	Consolidar la información definitiva de las plantas de compostaje e incorporar la categoría al inventario cuando las emisiones superen el umbral de materialidad.	BTR3	Ideam, Minambiente, Minvivienda, Autoridades Ambientales
5. Residuos	5.B. Tratamiento biológico de residuos sólidos	5.B.1. Compostaje	5.B.1.b. Otros			CH_4, N_2O	1990 - 2024	No se dispone de información sobre las actividades de tratamiento biológico mediante compostaje correspondientes a esta categoría,	Identificar las actividades de compostaje no incluidas actualmente y recopilar información sobre las cantidades de residuos tratadas.	BTR3	Ideam, Minambiente, Minvivienda, Autoridades Ambientales
5. Residuos	5.B. Tratamiento biológico de residuos sólidos	5.B.2. Digestión anaeróbica en instalaciones de biogás	5.B.2.a. Residuos sólidos municipales			CH4	1990 - 2024	No se dispone de información sobre el tratamiento de residuos sólidos municipales mediante digestión anaeróbica que permita estimar las emisiones de CH4.	Identificar las instalaciones de digestión anaeróbica existentes y recopilar información sobre los residuos tratados y la producción de biogás para estimar las emisiones.	BTR3	Ideam, Minambiente, Minvivienda, Autoridades Ambientales
5. Residuos	5.B. Tratamiento biológico de residuos sólidos	5.B.2. Digestión anaeróbica en instalaciones de biogás	5.B.2.b. Otros			CH_4	1990 - 2024	No se dispone de información sobre las actividades de digestión anaeróbica en instalaciones de biogás correspondientes a esta categoría	Identificar otras instalaciones de digestión anaeróbica y consolidar la información sobre los residuos tratados y el biogás generado.	BTR3	Ideam, Minambiente, Minvivienda, Autoridades Ambientales
5. Residuos	5.C. Incineración e incineración abierta de residuos	5.C.1. Incineración de residuos				CH_4, N_2O	1990 - 2024	Las emisiones de CO2 de esta categoría son estimadas. Sin embargo, no se dispone de información sobre las tecnologías de incineración empleadas que permita estimar las emisiones de CH4 y N2O mediante la metodología del IPCC.	Identificar las tecnologías de incineración empleadas en el país y recopilar la información necesaria para aplicar la metodología del IPCC para CH4 y N2O.	BTR4	Ideam, RUA-RESPEL

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Contaminante	Periodo (NE)	Justificación	Actividad propuesta para incluir en futuros inventarios	Plazo	Actores
5. Residuos	5.C. Incineración e incineración abierta de residuos	5.C.1. Incineración de residuos	5.C.1.b. No biogénicos	5.C.1.b.ii Otros	5.C.1.b.ii.1. Residuos sólidos industriales	CO_2, CH_4, N_2O	1990 - 2024	No se dispone de información sobre la cantidad de residuos sólidos industriales incinerados y las tecnologías de incineración empleadas	Identificar las instalaciones que incineran residuos sólidos industriales y recopilar información sobre las cantidades incineradas y las tecnologías empleadas.	BTR4	Ideam, RUA-RESPEL
5. Residuos	5.C. Incineración e incineración abierta de residuos	5.C.1. Incineración de residuos	5.C.1.b. No biogénicos	5.C.1.b.ii Otros	5.C.1.b.ii.4. Lodos de depuradora	CO_2, CH_4, N_2O	1990 - 2024	No se dispone de información sobre la cantidad de lodos de depuradora incinerados y las tecnologías de incineración empleadas	Identificar las instalaciones que incineran lodos de depuradora y recopilar información sobre las cantidades tratadas y las tecnologías de incineración empleadas.	BTR4	Ideam, RUA-RESPEL

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, la siguiente tabla resume las categorías estimadas en otro lugar (IE), dadas las circunstancias nacionales:

Tabla 1-12. Subcategorías estimadas en otro lugar (IE) en el inventario de GEI

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Asignación según Directriz o guía metodológica	Asignación del país	Periodo	Justificación
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.4. Otros sectores	1.A.4.c. Agricultura/silvicultura/pesca	1.A.4.c.iii. Pesca nacional		1.A.4.c.iii. Pesca nacional	1.A.4.c.i. Estacionario	1990-2024	La fuente de información utilizada (BECO) no permite desagregar el consumo de combustible correspondiente a la actividad pesquera, por lo que estas emisiones se encuentran incluidas en la categoría 1.A.4.c.i. Estacionario.
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	1.B.2.c. Venteo y quema en antorcha	1.B.2.c.i. Venteo	1.B.2.c.i.3. Combinado	1.B.2.c.i. Venteo	"1.B.2.c.i.1. Petróleo 1.B.2.c.i.2. Gas"	1990-2024	La información disponible no permite identificar de manera independiente las actividades de venteo correspondientes a sistemas combinados de petróleo y gas, por lo que las emisiones se encuentran incluidas en las categorías 1.B.2.c.i.1. Petróleo y 1.B.2.c.i.2. Gas.
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	1.B.2.c. Venteo y quema en antorcha	1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	1.B.2.c.ii.3. Combinados	1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	"1.B.2.c.ii.1. Petróleo 1.B.2.c.ii.2. Gas"	1990-2024	La información disponible no permite identificar de manera independiente las actividades de quema en antorcha correspondientes a sistemas combinados de petróleo y gas, por lo que las emisiones se encuentran incluidas en las categorías 1.B.2.c.ii.1. Petróleo y 1.B.2.c.ii.2. Gas.

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Asignación según Directriz o guía metodológica	Asignación del país	Periodo	Justificación
3. Agricultura	3.E. Quema prescrita de sabanas					"3.E.1. Tierra forestal 3.E.2. Pastizales"	"4(IV).A. Tierras forestales 4(IV).C. Pastizales"	1990-2024	Las fuentes de información actuales no permiten diferenciar si las quemas registradas corresponden a acciones prescritas en sabanas o a incendios esporádicos
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.1. Bovinos	3.B.1.a. Otro	3.B.1.a.iv. Otros		3.B.1.a.iv.1. Vacas de alta Producción	3.D.1.c. Orina y estiércol depositado por animales en pastoreo	1990-2024	El 100 % de las emisiones de N_2O asociadas a esta subcategoría corresponde a sistemas de producción en pastoreo. En consecuencia, estas emisiones se reportan en la categoría 3.D.1.c. Orina y estiércol depositados por animales en pastoreo.
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.1. Bovinos	3.B.1.a. Otro	3.B.1.a.iv. Otros		3.B.1.a.iv.2. Vacas de baja Producción	3.D.1.c. Orina y estiércol depositado por animales en pastoreo	1990-2024	Una fracción de las emisiones de N_2O asociadas a esta subcategoría corresponde a sistemas de producción en pastoreo. En consecuencia, dicha fracción se reporta en la categoría 3.D.1.c. Orina y estiércol depositados por animales en pastoreo.
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.1. Bovinos	3.B.1.a. Otro	3.B.1.a.iv. Otros		3.B.1.a.iv.3. Vacas para producción de carne	3.D.1.c. Orina y estiércol depositado por animales en pastoreo	1990-2024	El 100 % de las emisiones de N_2O asociadas a esta subcategoría corresponde a sistemas de producción en pastoreo. En consecuencia, estas emisiones se reportan en la categoría 3.D.1.c. Orina y estiércol depositados por animales en pastoreo.
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.1. Bovinos	3.B.1.a. Otro	3.B.1.a.iv. Otros		3.B.1.a.iv.4. Toros utilizados con fines reproductivos	3.D.1.c. Orina y estiércol depositado por animales en pastoreo	1990-2024	El 100 % de las emisiones de N_2O asociadas a esta subcategoría corresponde a sistemas de producción en pastoreo. En consecuencia, estas emisiones se reportan en la categoría 3.D.1.c. Orina y estiércol depositados por animales en pastoreo.
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.1. Bovinos	3.B.1.a. Otro	3.B.1.a.iv. Otros		3.B.1.a.iv.5. Terneros pre-destetos	3.D.1.c. Orina y estiércol depositado por animales en pastoreo	1990-2024	El 100 % de las emisiones de N_2O asociadas a esta subcategoría corresponde a sistemas de producción en pastoreo. En consecuencia, estas emisiones se reportan en la categoría 3.D.1.c. Orina y estiércol depositados por animales en pastoreo.
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.1. Bovinos	3.B.1.a. Otro	3.B.1.a.iv. Otros		3.B.1.a.iv.6. Novillas de reemplazo	3.D.1.c. Orina y estiércol depositado por animales en pastoreo	1990-2024	El 100 % de las emisiones de N_2O asociadas a esta subcategoría corresponde a sistemas de producción en pastoreo. En consecuencia, estas emisiones se reportan en la categoría 3.D.1.c. Orina y estiércol depositados por animales en pastoreo.
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.1. Bovinos	3.B.1.a. Otro	3.B.1.a.iv. Otros		3.B.1.a.iv.7. Ganado de engorde	3.D.1.c. Orina y estiércol depositado por animales en pastoreo	1990-2024	El 100 % de las emisiones de N_2O asociadas a esta subcategoría corresponde a sistemas de producción en pastoreo. En consecuencia, estas emisiones se reportan en la categoría

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Asignación según Directriz o guía metodológica	Asignación del país	Periodo	Justificación
									3.D.1.c. Orina y estiércol depositados por animales en pastoreo.
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.2. Ovinos				3.B.2.a.i. Ovinos	3.D.1.c. Orina y estiércol depositado por animales en pastoreo	1990-2024	La fracción de las emisiones de N_2O corresponde a sistemas de producción en pastoreo. En consecuencia, dicha fracción se reporta en la categoría 3.D.1.c. Orina y estiércol depositados por animales en pastoreo.
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.4. Otro ganado				"3.B.4.a. Búfalos; 3.B.4.d. Caprinos; 3.B.4.e. Caballos; 3.B.4.f. Mulas y asnos "	3.D.1.c. Orina y estiércol depositado por animales en pastoreo	1990-2024	La fracción de las emisiones de N_2O corresponde a sistemas de producción en pastoreo. En consecuencia, dicha fracción se reporta en la categoría 3.D.1.c. Orina y estiércol depositados por animales en pastoreo.
4. Silvicultura, uso y cambio de uso de la tierra	4.A. Tierras forestales	4.A.2. Tierras convertidas a tierras forestales	4.A.2.b. Pastizales convertidos en tierras forestales			4.A.2.b. Pastizales convertidos en tierras forestales	4.A.2. Tierras convertidas a tierras forestales	1990-2024	No se dispone de información sobre el uso previo de la conversión a bosque natural. Las estimaciones se realizan de forma agregada para la categoría 4.A.2 y se reportan en 4.A.2.a; por esta razón las categorías 4.A.2.b-e se reportan como IE.
4. Silvicultura, uso y cambio de uso de la tierra	4.A. Tierras forestales	4.A.2. Tierras convertidas a tierras forestales	4.A.2.c. Humedales convertidos en tierras forestales			4.A.2.c. Humedales convertidos en tierras forestales	4.A.2. Tierras convertidas a tierras forestales	1990-2024	No se dispone de información sobre el uso previo de la conversión a bosque natural. Las estimaciones se realizan de forma agregada para la categoría 4.A.2 y se reportan en 4.A.2.a; por esta razón las categorías 4.A.2.b-e se reportan como IE.
4. Silvicultura, uso y cambio de uso de la tierra	4.A. Tierras forestales	4.A.2. Tierras convertidas a tierras forestales	4.A.2.d. Asentamientos convertidos en tierras forestales			4.A.2.d. Asentamientos convertidos en tierras forestales	4.A.2. Tierras convertidas a tierras forestales	1990-2024	No se dispone de información sobre el uso previo de la conversión a bosque natural. Las estimaciones se realizan de forma agregada para la categoría 4.A.2 y se reportan en 4.A.2.a; por esta razón las categorías 4.A.2.b-e se reportan como IE.
4. Silvicultura, uso y cambio de uso de la tierra	4.A. Tierras forestales	4.A.2. Tierras convertidas a tierras forestales	4.A.2.e. Otras tierras convertidas en tierras forestales			4.A.2.e. Otras tierras convertidas en tierras forestales	4.A.2. Tierras convertidas a tierras forestales	1990-2024	No se dispone de información sobre el uso previo de la conversión a bosque natural. Las estimaciones se realizan de forma agregada para la categoría 4.A.2 y se reportan en 4.A.2.a; por esta razón las categorías 4.A.2.b-e se reportan como IE.
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.1 Sitios gestionado de residuos sólidos	5.A.1.a. Anaeróbico	5.A.1.a.i. Residuos altamente degradables			5.A.1.a.iv. Residuos voluminosos	1990-2024	La información disponible no permite desagregar los residuos dispuestos por tipo de residuo para esta categoría, por lo que las emisiones se encuentran incluidas en 5.A.1.a.iv. Residuos voluminosos. Se prevé incorporar esta desagregación en un próximo ciclo del inventario.

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Asignación según Directriz o guía metodológica	Asignación del país	Periodo	Justificación
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.1 Sitios gestionado de residuos sólidos	5.A.1.a. Anaeróbico	5.A.1.a.ii. Residuos moderadamente degradables			5.A.1.a.iv. Residuos voluminosos	1990-2024	
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.1 Sitios gestionado de residuos sólidos	5.A.1.a. Anaeróbico	5.A.1.a.iii. Residuos menos degradables			5.A.1.a.iv. Residuos voluminosos	1990-2024	
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.1 Sitios gestionado de residuos sólidos	5.A.1.b. Semi - aeróbico	5.A.1.b.i. Residuos altamente degradables			5.A.1.a.iv. Residuos voluminosos	1990-2024	No se dispone de información que permita identificar el tipo de tratamiento o condición operativa de los sitios de disposición final. Por tanto, las emisiones correspondientes a sitios semi-aeróbicos se incluyen en 5.A.1.a. Anaeróbico, como supuesto conservador.
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.1 Sitios gestionado de residuos sólidos	5.A.1.b. Semi - aeróbico	5.A.1.b.ii. Residuos moderadamente degradables			5.A.1.a.iv. Residuos voluminosos	1990-2024	
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.1 Sitios gestionado de residuos sólidos	5.A.1.b. Semi - aeróbico	5.A.1.b.iii. Residuos menos degradables			5.A.1.a.iv. Residuos voluminosos	1990-2024	
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.1 Sitios gestionado de residuos sólidos	5.A.1.b. Semi - aeróbico	5.A.1.b.iv. Residuos voluminosos			5.A.1.a.iv. Residuos voluminosos	1990-2024	
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.1 Sitios gestionado de residuos sólidos	5.A.1.c. Aireación activa	5.A.1.c.i. Residuos altamente degradables			5.A.1.a.iv. Residuos voluminosos	1990-2024	No se dispone de información que permita identificar el tipo de tratamiento o condición operativa de los sitios de disposición final. Por tanto, las emisiones correspondientes a sitios con aireación activa se incluyen en 5.A.1.a. Anaeróbico, como supuesto conservador.
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.1 Sitios gestionado de residuos sólidos	5.A.1.c. Aireación activa	5.A.1.c.ii. Residuos moderadamente degradables			5.A.1.a.iv. Residuos voluminosos	1990-2024	
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.1 Sitios gestionado de residuos sólidos	5.A.1.c. Aireación activa	5.A.1.c.iii. Residuos menos degradables			5.A.1.a.iv. Residuos voluminosos	1990-2024	
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.1 Sitios gestionado de residuos sólidos	5.A.1.c. Aireación activa	5.A.1.c.iv. Residuos voluminosos			5.A.1.a.iv. Residuos voluminosos	1990-2024	
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.2. Sitios no gestionados de residuos sólidos	5.A.2.a. Residuos altamente degradables				5.A.3.d Granel - Sin fracciones de residuos	1990-2024	En Colombia la clasificación de los sitios de disposición final se realiza únicamente entre sitios gestionados y no gestionados. En consecuencia, las emisiones correspondientes a esta

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Asignación según Directriz o guía metodológica	Asignación del país	Periodo	Justificación
									categoría se encuentran incluidas en la categoría 5.A.3.d. Granel - Sin fracciones de residuos, sin desagregación por tipo de residuo.
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.2. Sitios no gestionados de residuos sólidos	5.A.2.b. Residuos moderadamente degradables				5.A.3.d Granel - Sin fracciones de residuos	1990-2024	
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.2. Sitios no gestionados de residuos sólidos	5.A.2.c. Residuos menos degradables				5.A.3.d Granel - Sin fracciones de residuos	1990-2024	
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.2. Sitios no gestionados de residuos sólidos	5.A.2.d Granel - Sin fracciones de residuos				5.A.3.d Granel - Sin fracciones de residuos	1990-2024	
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.3. Sitios no categorizados de eliminación de residuos	5.A.3.a. Residuos altamente degradables				5.A.3.d Granel - Sin fracciones de residuos	1990-2024	La información disponible no permite desagregar los residuos dispuestos por tipo de residuo para esta categoría, por lo que las emisiones se encuentran incluidas en 5.A.3.d. Granel - Sin fracciones de residuos. Se prevé incorporar esta desagregación en un próximo ciclo del inventario.
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.3. Sitios no categorizados de eliminación de residuos	5.A.3.b. Residuos moderadamente degradables				5.A.3.d Granel - Sin fracciones de residuos	1990-2024	
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.3. Sitios no categorizados de eliminación de residuos	5.A.3.c. Residuos menos degradables				5.A.3.d Granel - Sin fracciones de residuos	1990-2024	

Fuente: Elaboración propia.

1.7.5 Avances en la implementación del plan de mejora del reporte anterior (BTR1)

Las principales mejoras desarrolladas para el presente inventario respecto al Primer Informe Bienal de Transparencia (BTR1) son:

- Unificación de fuentes de información, evitando el uso de varias fuentes para una subcategoría a lo largo de la serie de tiempo.
- Completitud de series de tiempo con el uso de técnicas de empalme cuando no se dispone de información.
- Inclusión de inventario de carbono negro y contaminantes criterio para la serie completa (1990-2024)
- Estimaciones de emisiones en niveles subnacionales de acuerdo con reporte de datos de actividad
- Estandarización de bases de datos y cálculos unificando la estructura tanto para sector energía, residuos, IPPU, como para agricultura y silvicultura, uso y cambio de uso de la tierra.
- Avances en el desarrollo de la plataforma de SINGEI.

En la siguiente tabla se resumen los principales avances por sector IPCC y subcategoría:

Tabla 1-13. Avances en la implementación de mejoras sectoriales respecto al BTR1

Subcategoría	Mejora implementada en BTR2
1. Energía	
1.A. Actividades de quema de combustibles	Revisión de la consistencia de la serie temporal y unificación de fuentes de información
1.A. Actividades de quema de combustibles (Método de referencia)	Uso de los factores de contenido de carbono de las guías IPCC, de acuerdo con la recomendación del TERT
1.A.2.g. Otros	Completitud de la serie de tiempo con técnicas de empalme
1.A.1.a. Producción de electricidad pública y calor como actividad principal	Unificación de la fuente de información para el dato de actividad (ZNI, SIN) y uso de los datos desagregados desde la fuente de información.
1.A.1.b. Refinación del petróleo	Reconstrucción de la serie temporal con técnicas de empalme. Unificación de fuente de información.
1.A.1.c. Fabricación de combustibles sólidos y otras energías	Reconstrucción de la serie temporal con técnicas de empalme. Unificación de fuente de información para 1.A.1.c.iii.
1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	Revisión de la consistencia de la serie temporal. Completitud de la serie de tiempo con técnicas de empalme.
1.A.2.g.vii. Vehículos todoterreno y otra maquinaria	Reasignación de emisiones de 1.A.3.e.ii., de acuerdo con la recomendación del TERT. Optimización metodológica y actualización de la fuente de información para desagregar las estimaciones en maquinaria amarilla y maquinaria agrícola.
1.A.3.a. Aviación domestica	Ajuste de metodología de procesamiento de datos de actividad con optimización de código R. Actualización de la homologación de los tipos de aeronave de acuerdo al IPCC. Optimización en la metodología de asignación de emisiones por ubicación de los aeropuertos en Colombia para el inventario subnacional, asignando en partes iguales la contabilidad de las emisiones entre origen y destino.
1.A.3.b. Transporte terrestre	Ajuste de metodología de procesamiento de datos de actividad con optimización de código R. Actualización de la homologación de las clases vehiculares de acuerdo al IPCC. Estimación de mezclas de biocombustibles interanual.
1.A.3.e.i. Transporte por tubería	Reconstrucción de la serie temporal con técnicas de empalme. Unificación de fuente de información.
1.A.4.c.i. Estacionario	Reconstrucción de la serie temporal con técnicas de empalme. Unificación de fuente de información.
1.A.4.c.ii. Móviles (Vehículos todoterreno y otra maquinaria)	Optimización metodológica y actualización de la fuente de información para desagregar las estimaciones en maquinaria amarilla y maquinaria agrícola.
1.B.1. Combustibles sólidos	Actualización de datos de actividad históricos por departamento de acuerdo con la fuente de información.
1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	Incorporación de refinamiento IPCC 2019. Elaboración de factores de emisión nacionales para emisiones por fugas y teas en el segmento upstream

Subcategoría	Mejora implementada en BTR2
1.D.1. Bunkers internacionales	Incorporación de supuesto del 50% para identificar la emisión informativa nacional
2. IPPU	
2. Procesos industriales y uso de productos	Completitud de la serie de tiempo con técnicas de empalme
2.A.1. Producción de cemento	Revisión de fuentes de información sobre datos de importación y exportación de Clinker. Ajuste de datos de importación de Clinker.
2.B.2. Ácido nítrico	Incremento de nivel metodológico de tier 1 a tier 3 por obtención de datos de producción y factores de emisión por planta.
2.C.1. Producción de hierro y acero	Ajuste de homologación de subcategorías para presentar la emisión por tipo de material
2.F. Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO)	Optimización de metodología de desagregación de consumos de mezclas por sustancias por sub aplicación con los porcentajes de distribución desde los datos de actividad y no desde la emisión
2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	Optimización metodológica para el procesamiento de las emisiones
2.F.3. Protección contra incendios	Optimización metodológica para el procesamiento de las emisiones
3. Agricultura	
3.A. Fermentación entérica	Reconstrucción de la serie temporal con técnicas de empalme. Unificación de las fuentes de información. Procesamiento del inventario a escala subnacional.
3.B. Gestión del estiércol	Reconstrucción de la serie temporal con técnicas de empalme. Unificación de las fuentes de información. Procesamiento del inventario a escala subnacional.
3.C. Cultivo de arroz	Actualización de la fuente de información. Completitud de la serie de tiempo con técnicas de empalme a escala subnacional
3.D.1.a. Fertilizantes N inorgánicos 3.D.2.a.i. Deposición atmosférica - Fertilizantes N inorgánicos 3.D.2.b.i. Lixiviación y escorrentía Fertilizantes N inorgánicos	Actualización de la fuente de información. Completitud de la serie de tiempo con técnicas de empalme.
3.D.1.c. Orina y estiércol depositado por animales en pastoreo 3.D.2.a.iii. Deposición atmosférica - Orina y estiércol de animales en pastoreo 3.D.2.b.v. Lixiviación y escorrentía - Orina y estiércol de animales en pastoreo	Reconstrucción de la serie temporal con técnicas de empalme. Unificación de las fuentes de información. Procesamiento del inventario a escala subnacional.
3.D.1.d. Residuos de cosecha 3.D.2.b.iii. Lixiviación y escorrentía Residuos de cosecha	Actualización de la fuente de información. Completitud de la serie de tiempo con técnicas de empalme a escala subnacional
3.F.1.c. Maíz	Nueva subcategoría a escala subnacional
3.F.1.d.i. Arroz	Nueva subcategoría a escala subnacional
3.F.4. Caña de azúcar	Reasignación de la categoría 4(IV).B.1.b. Incendios forestales, de acuerdo a la recomendación del TERT. Reconstrucción de la serie temporal con técnicas de empalme. Unificación de las fuentes de información a escala subnacional
3.F.5. Otros	Reasignación de la categoría 4(IV).B.1.b. Incendios forestales, de acuerdo a la recomendación del TERT. Reconstrucción de la serie temporal con técnicas de empalme. Unificación de las fuentes de información
3.G.2. Dolomita $CaMg(CO_3)_2$	Reconstrucción de la serie temporal con técnicas de empalme. Unificación de las fuentes de información a escala subnacional
3.H. Urea	Reconstrucción de la serie temporal con técnicas de empalme. Unificación de las fuentes de información a escala subnacional
4. LULUCF	

Subcategoría	Mejora implementada en BTR2
4.A.1.d. Tierras forestales que permanecen como tales (Plantaciones forestales comerciales)	Información a nivel subnacional (departamental)
4(IV).A.1.b. Incendios forestales	Actualización de factores de emisión para GEI y CN+CR
4(IV).C.1.b. Incendios forestales	Actualización de factores de emisión para GEI y CN+CR
4.D.2.c.ii.1. Tierras de cultivo a humedales de tierras bajas y medias	Nueva subcategoría
4.D.2.c.ii.2.Tierras de cultivo a humedales costeros	Nueva subcategoría
4.C.2.b.i. Tierras de cultivo convertidas a herbazales	Nueva subcategoría
4(II).D.1.b. Tierras inundadas que permanecen como tales	Nueva subcategoría
5. Residuos	
5.A. Eliminación de residuos sólidos	Ajuste de metodología de procesamiento de emisiones con optimización de código R.
5.A. Eliminación de residuos sólidos	Actualización de fuente de información de datos de actividad. Homologación de la clasificación de loa sitios de eliminación de residuos sólidos a las categorías IPCC. Completitud de la serie temporal usando técnicas de empalme. Ampliación de cobertura de sitios de disposición para obtener los datos de actividad.
5.C.1. Incineración de residuos	Reconstrucción de la serie temporal con técnica de empalme. Actualización de la homologación de residuos biogénicos y no biogénicos
5.C.2. Incineración abierta de residuos	Actualización de la fuente de información. Reconstrucción de la serie temporal con técnica de empalme a nivel municipal desde el dato de actividad para el inventario subnacional. Actualización de factores de emisión. Incorporación por periodos de la generación per cápita de residuos para las estimaciones.
5.D.1.Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	Optimización metodológica para mejorar la trazabilidad del cálculo de la emisión
5.D.2. Tratamiento y eliminación aguas residuales industriales	Homogenización del listado de artículos y grupos industriales para unificar la serie de tiempo

Fuente: Elaboración propia.

1.8 Sistemas de medición

Colombia utiliza los valores del potencial de calentamiento global (GWP) con un horizonte temporal de 100 años, tomados del Quinto Informe de Evaluación del IPCC (AR5), para reportar las emisiones y absorciones de GEI expresados en kt CO_2 eq. Por otro lado, las estimaciones de carbono negro y contaminantes criterio se expresan en kt de contaminante.

1.9 Resumen de flexibilidades aplicadas

Colombia no aplica a las flexibilidades descritas en la Decisión 18/CMA1 para el presente reporte.

1.10 Resultados de los pilotos de enfoque de género en el SINGEI

En el marco del proyecto GEF CBIT “Transparencia Climática Colombia” se ejecutaron dos pilotos de incorporación del enfoque de género en dos subsectores del Inventario Nacional de emisiones y absorciones atmosféricas: transporte urbano de pasajeros y gestión de estiércol en porcicultura. Ambos evidencian que las relaciones de género determinan quién genera las emisiones reportadas, con qué intensidad y en qué condiciones.

1.10.1 Metodología usada:

A continuación, se presenta la metodología usada en los pilotos de enfoque de género del SINGEI:

Tabla 1-14. Metodología aplicada a los pilotos de enfoque de género del SINGEI

Aspecto metodológico	Piloto de Transporte Urbano - Sector Energía	Piloto de Porcicultura (Gestión de estiércol) - Sector Agricultura
Categoría analizada	Transporte terrestre urbano de pasajeros	Gestión de estiércol en el sector porcícola
Objetivo	Analizar cómo las relaciones de género influyen en los patrones de movilidad y en las emisiones asociadas al transporte urbano.	Analizar cómo los roles de género determinan la participación en actividades vinculadas a la generación y mitigación de emisiones en la producción porcícola.
Área de aplicación	Ciudades de Cali y Medellín.	Fincas productivas en cinco departamentos: Cundinamarca, Boyacá, Antioquia, Valle del Cauca y Quindío.
Enfoque metodológico	Metodología mixta con información cuantitativa y cualitativa para comprender patrones de movilidad, motivos, uso y acceso diferenciado de los modos de transporte por combustión y no combustión (movilidad activa, eléctrica, mixta). Herramientas de levantamiento de información: Encuesta de movilidad, grupos focales, recorridos acompañados, entrevistas semiestructuradas.	Metodología mixta para identificar participación de hombres y mujeres en actividades operativas, de cuidado y de gestión relacionadas con las emisiones GEI dentro de la porcicultura. Herramientas de levantamiento de información: Entrevistas semiestructuradas, sondeo de normas de género y uso del tiempo.
Variables de análisis	Sexo, género, edad, raza, ocupación, ubicación geográfica, ingresos, trabajo de cuidado, percepción de seguridad acceso a licencia de conducción, uso y acceso a modos de transporte.	Sexo, normas y estereotipos de género, división sexual del trabajo, unidad familiar, unidad productiva, roles de género.
Información recopilada	Patrones de movilidad diferenciados por sexo, género, edad, estrato soecioeconómico, etnia, motivos y modos de desplazamiento, mapas de calor de elección modal y motivos de transporte para cada ciudad, movilidad de cuidado, diferencias en las necesidades y en el acceso y uso de los modos de transprote. Propuesta de contabilidad de emisiones per capita de las personas encuestadas, análisis y proyecciones estadísticas.	Caracterización del proceso productivo porcícola desde un enfoque de género y emisiones GEI. Segregación de la participación laboral de hombres y mujeres (Indice de Duncan) en los diferentes eslabones de la cadena productiva porcícola, enfatizando en el eslabón productivo en donde se llevan a cabo las actividades de emisión de GEI como la gestión de estiércol, fermentación entérica y producción de alimentos para animales.
Enfoque diferencial	Levantamiento de información desagregada por sexo, género y variables interseccionales (edad, etnia, estrato socioeconómico, etc). Sistematización y análisis de información desde en el enfoque de género e interseccionalidad para identificar de manera diferencial el acceso y uso de los modos de transporte relacionados con las emisiones per cápita asociadas a la movilidad en cada una de las ciudades.	Levantamiento de información de participación en los diferentes roles productivos desagregada por sexo. Identificación de barreras, oportunidades y necesidades diferenciadas para estrategias de mitigación de GEI y transición energética que no reproduzcan brechas de género dentro del sector.

Fuente: Elaboración propia.

1.10.2 Principales resultados:

- **Transporte urbano y género**

El piloto de transporte evidenció que las mujeres generan menores emisiones asociadas a la movilidad urbana, no necesariamente por decisiones de sostenibilidad, sino porque enfrentan mayores responsabilidades de cuidado, menor acceso a licencias y vehículos particulares, y mayores riesgos de seguridad en el espacio público. Estas condiciones determinan una mayor dependencia del transporte público y los modos activos.

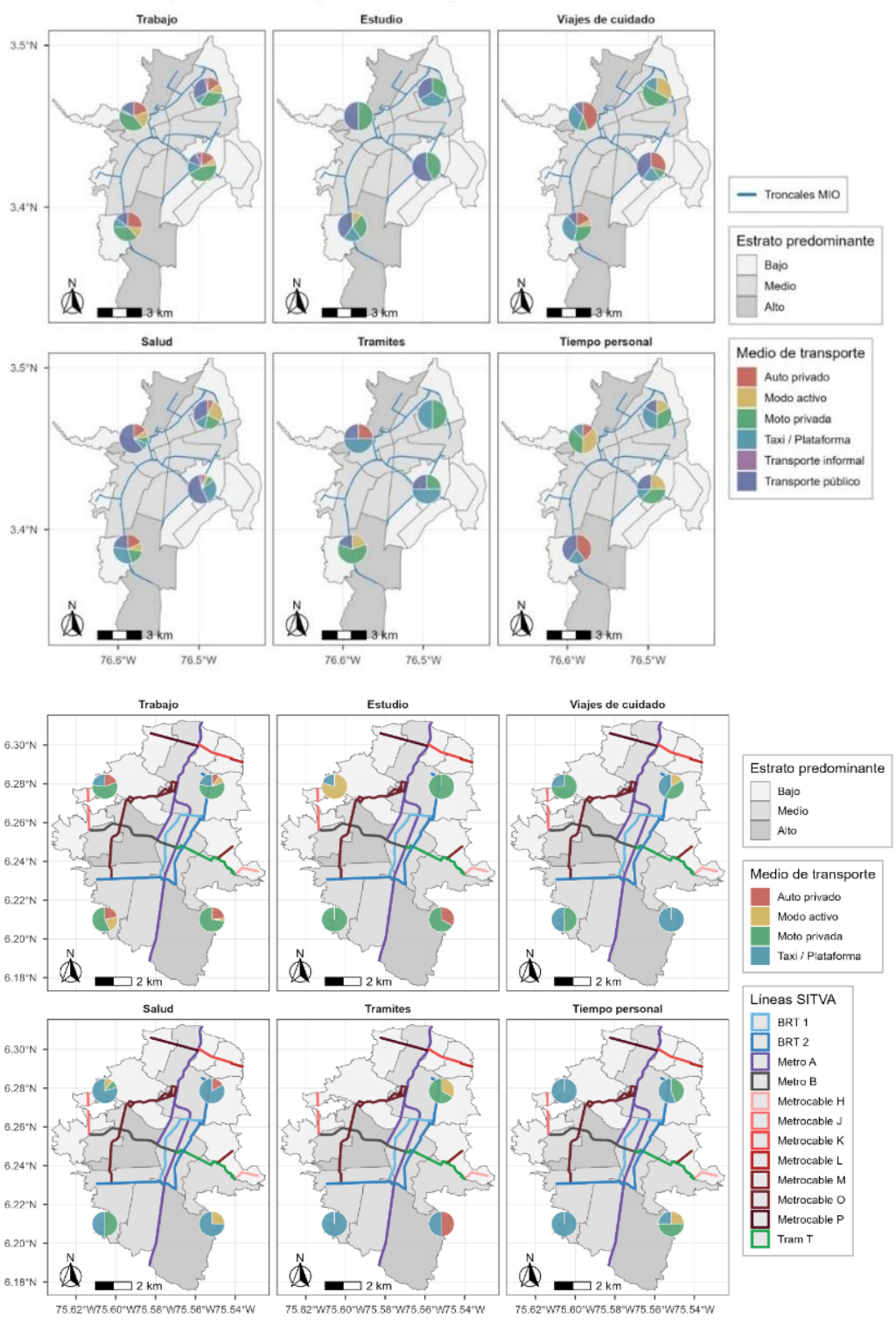


Figura 1-13. Elección modal por motivo de viaje desagregado por sexo y zona en Cali (Arriba) y Medellín (Abajo).

- **Porcicultura y género**

El sector porcícola reproduce una fuerte segregación ocupacional: los hombres concentran el 100% de la participación en las actividades directamente vinculadas a las emisiones reportadas en el Ingei (gestión de estiércol, fermentación entérica, transporte de animales), siendo las actividades de cuidado en donde se

encuentra mayor participación de las mujeres, asociado a estereotipos y roles de género como exigencias de fuerza física, el trabajo de cuidado y falta acceso a tecnologías, formación técnica especializada. La evidencia respalda la necesidad de promover estrategias diferenciadas que respondan a las dinámicas específicas de cada etapa del proceso ya que cerrar las brechas de género en las cadenas agropecuarias requiere transformar tanto los marcos institucionales como las normas sociales que perpetúan la desigualdad.

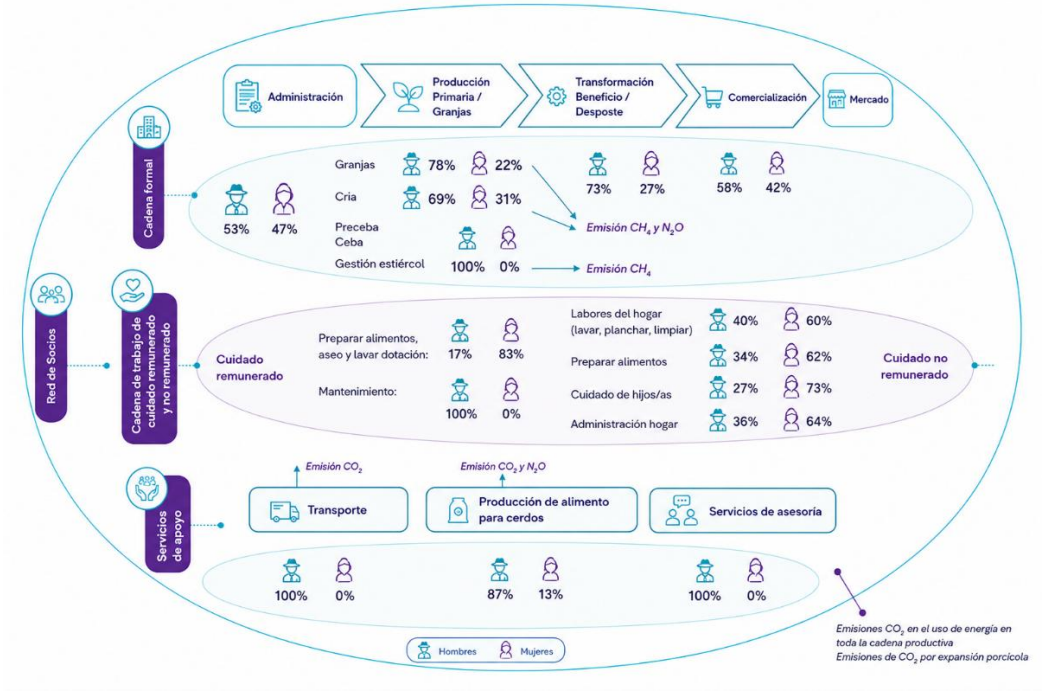


Figura 1-14. Participación por género a lo largo de la cadena productiva porcícola

1.10.3 Mensajes clave:

- Las relaciones de género tienen influencia en las actividades que generan emisiones de GEI.
- Las mujeres presentan menores emisiones en transporte, asociadas a la asignación social de las responsabilidades de cuidado, una movilidad poligonal y a una mayor dependencia del transporte público y movilidad activa.
- La segregación laboral de hombres y mujeres en la producción porcicola refleja una alta división sexual del trabajo, estereotipos y roles de género dentro del sector.
- Generar información desagregada por sexo y género de las actividades reportadas en el INGEI permite contar con información completa y transparente para una toma de desiciones integral e inclusiva.
- Incorporar el enfoque de género permite identificar nuevas estrategias de mitigación y transición energética que no profundicen las brechas de género preexistentes, mejorando la información disponible para los tomadores de desiciones a nivel nacional.

1.10.4 Recomendaciones:

- Generar y fortalecer datos desagregados por sexo y otras variables sociales para contar con información completa e integral que permita una acción climática inclusiva y efectiva.
- Replicar y ajustar la metodología para la incorporación del enfoque de género dentro del INGEI en los demás sectores y actividades reportadas del Inventario sensibles al género.
- Integrar el enfoque de género e interseccionalidad en futuras actualizaciones del inventario, así como en diferentes reportes climáticos sensibles al género.
- Desarrollar indicadores de género para el seguimiento de los reportes climáticos desde un enfoque interdisciplinario para la acción climática.
- Mantener el uso de metodologías mixtas para comprender mejor los factores sociales asociados a las actividades productivas que generan emisiones de GEI a nivel nacional.

2 TENDENCIA DE LAS EMISIONES Y ABSORCIONES ATMOSFÉRICAS

AUTORES

Daniela Maria Bernal Escobar (Ideam - Fundación Natura – PNUD), Laura Maria Aranguren Niño (Ideam - Fundación Natura – PNUD), Leonardo Alfredo Pineda Pardo (Ideam), Sergio Andrés Garces Jimenez (Ideam - Fundación Natura – PNUD)

2.1 Descripción de la tendencia agregada de las emisiones y absorciones atmosféricas

La siguiente figura presenta la tendencia de las emisiones nacionales de gases de efecto invernadero (GEI) entre 1990 y 2024 por sector IPCC:

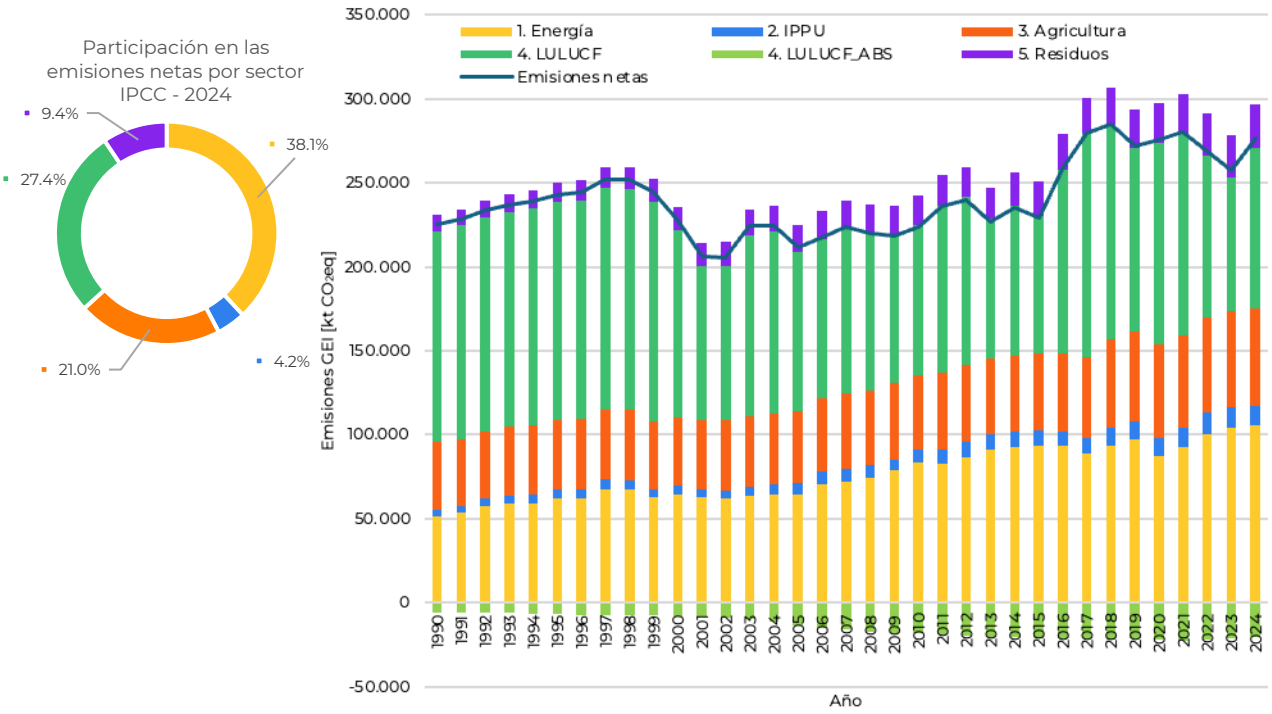


Figura 2-1. Tendencia de las emisiones de gases de efecto invernadero de Colombia por sector IPCC (1990-2024) [kt CO_2eq].

Nota: IPPU: Procesos industriales y uso de productos. LULUCF: Silvicultura, uso y cambio de uso de la tierra.

Fuente: Elaboración propia.

El sector energía se consolidó como el mayor emisor del país en el 2024, superando al sector de Silvicultura, uso y cambio de uso de la tierra (LULUCF), que junto con agricultura históricamente concentraban más de la mitad de las emisiones nacionales, lo cual representa un cambio en la dinámica de las emisiones nacionales. Aunque los sectores de agricultura y residuos presentan un crecimiento sostenido, el sector IPPU (Procesos industriales y uso de productos) presenta un cambio estructural en la tendencia con la introducción del uso de HFC y PFC como sustitutos de las sustancias agotadoras de la capa de ozono (SAO). En línea lo anterior, la siguiente tabla relaciona las variaciones por sector IPCC en las emisiones netas nacionales:

Tabla 2-1. Variación de las emisiones netas nacionales de GEI entre 1990 y 2024 [kt CO_2eq]

Sector IPCC	1990	2024	Diferencia	Variación [%]
1. Energía	51.104,3	105.306,2	+54.201,9	106.1 %
2. IPPU	4.272,8	11.669,2	+7.396,4	173.1 %
3. Agricultura	40.175,9	58.033,4	+17.857,5	44.4 %
4. LULUCF	120.054,1	75.741,8	44.312,2	36,9 %
5. Residuos	9.423,2	25.982,2	+16.559	175.7 %
Nacional	**225.030,4**	**276.732,8**	**+51.702,4**	**+23,0 %**

Fuente: Elaboración propia.

En Colombia las emisiones netas de GEI para el año 2024 representaron un incremento del 23,0 % respecto al año 1990, pasando de 225.030,4 kt CO_2eq a 276.732,8 kt CO_2eq, mientras las emisiones totales o brutas pasaron de 230.777,1 a 297.058,7 kt CO_2eq (28.7 %). Por otro lado, las absorciones en el sector de Silvicultura, uso y cambio de uso de la tierra (LULUCF) presentaron un incremento del 253,7 %, pasando de -5.746,7 kt CO_2eq a -20.325,9 kt CO_2eq, entre 1990 y 2024. La siguiente figura presenta la distribución de las emisiones netas nacionales de GEI para el año 2024:

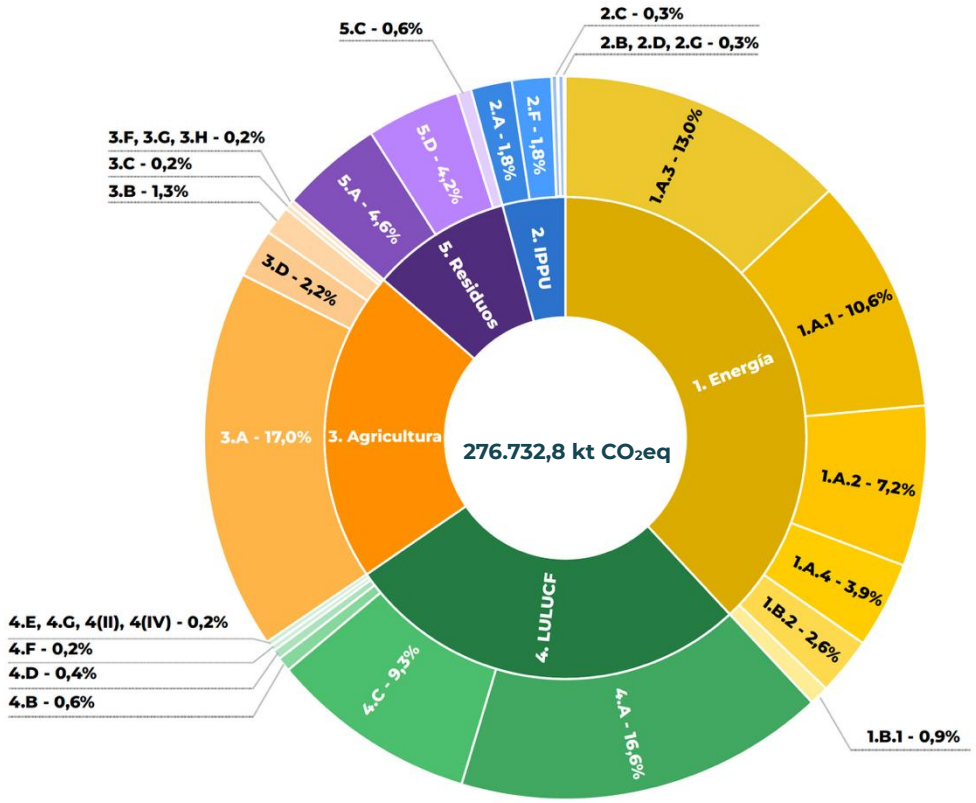


Figura 2-2. Participación de emisiones netas por sector y subcategoría (2024) [kt CO_2eq].

Fuente: Elaboración propia.

En el año 2024, el 38,1 % de las emisiones netas de GEI pertenecen al sector de Energía, seguido por el 27,4 % con el sector LULUCF, el 21,0 % al sector Agricultura, el 9,4 % al sector Residuos y el 4,2 % a IPPU, como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 2-2. Tendencia de las emisiones de gases de efecto invernadero (1990-2024) [kt CO_2eq]

Sector IPCC	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
1. Energía	51.104,3	61.832,3	64.714,9	64.338,8	83.872,1	93.474,7	86.999,9	92.956,9	100.276,9	104.325,4	105.306,2
2. IPPU	4.272,8	5.672,0	4.865,1	6.830,4	6.973,0	9.149,9	10.711,7	11.342,7	12.681,8	12.273,4	11.669,2
3. Agricultura	40.175,9	41.412,8	40.771,6	42.919,9	44.818,5	45.895,5	56.187,1	55.163,3	56.609,1	57.104,5	58.033,4
4. LULUCF	125.800,7	129.522,2	111.617,4	94.882,5	89.108,6	82.064,7	119.720,7	119.728,2	96.218,4	79.583,8	96.067,7
4. LULUCF_ABS	-5.746,7	-6.806,3	-8.189,2	-13.279,2	-18.270,5	-21.090,3	-21.855,0	-22.691,9	-22.242,9	-21.343,7	-20.325,9
5. Residuos	9.423,2	11.564,1	13.786,8	15.852,8	17.440,8	19.941,9	23.584,3	23.740,9	25.362,6	25.103,7	25.982,2
Emisiones netas	**225.030,4**	**243.197,1**	**227.566,5**	**211.545,3**	**223.942,5**	**229.436,5**	**275.348,6**	**280.240,2**	**268.905,9**	**257.047,1**	**276.732,8**
Emisiones totales	**230.777,1**	**250.003,4**	**235.755,8**	**224.824,5**	**242.213,0**	**250.526,8**	**297.203,6**	**302.932,1**	**291.148,8**	**278.390,8**	**297.058,7**

Fuente: Elaboración propia.

La siguiente figura representa la tendencia de las emisiones por GEI:

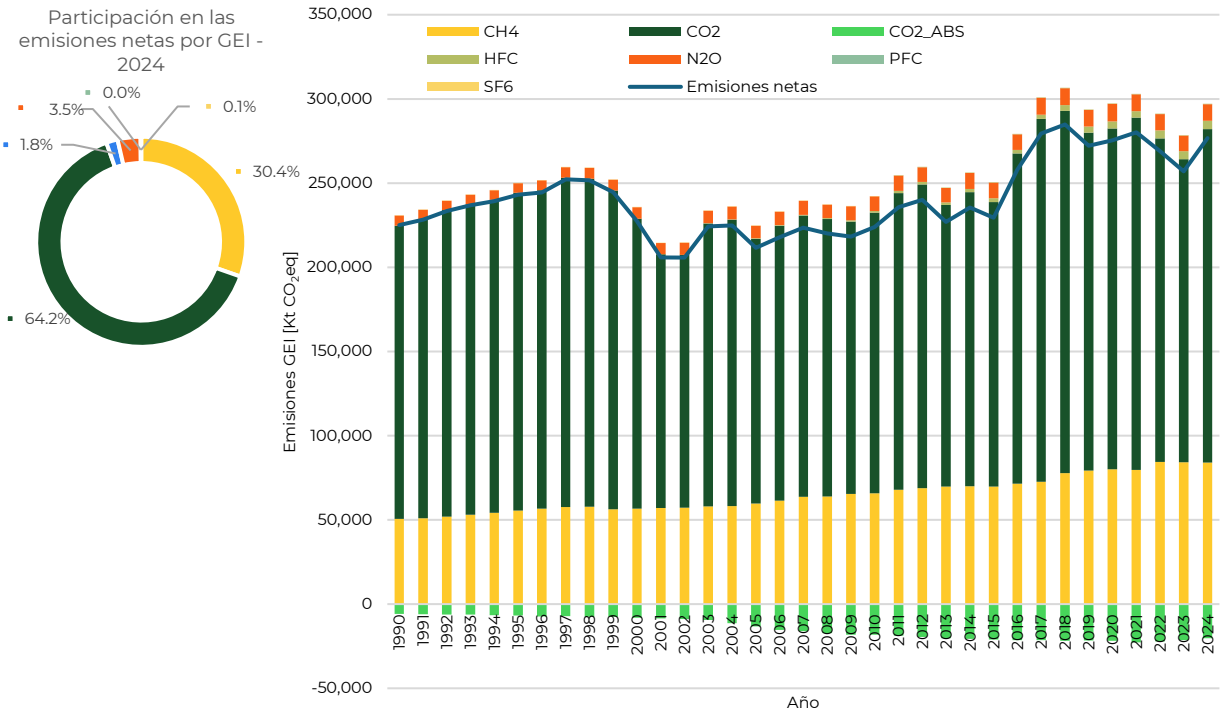


Figura 2-3. Tendencia de las emisiones GEI por contaminante en Colombia (1990-2024) [kt CO_2eq]

Nota: HFC: Hidrofluorocarbonos. PFC: Perfluorocarbonos. SF_6: Hexafluoruro de azufre.

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la figura anterior, en Colombia predominan las emisiones de CO_2 y CH_4. Siendo la participación para el 2024 de 64,2 % para las emisiones de CO_2 (netas) y 30,4 % para las emisiones de CH_4. La variación entre 1990 y 2024 para CO_2 es de un incremento del 5,7 % en emisiones netas, para CH_4 de 65,8 % y para N_2O de 63,5 %. De acuerdo con la Figura 2-3, los gases fluorados poseen una tendencia creciente, como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 2-3. Tendencia de emisiones de GEI por contaminante (1990-2024) [kt CO_2eq]

GEI	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
CH_4	50.690,0	55.513,3	56.680,0	59.797,1	65.789,0	69.819,5	80.124,9	79.656,9	84.380,7	84.293,9	84.030,4
CO_2	174.042,4	188.663,8	172.130,6	157.066,9	166.630,6	168.964,1	202.412,3	209.226,5	192.127,1	179.891,6	198.121,9
CO_2_ABS	-5.746,7	-6.806,3	-8.189,2	-13.279,2	-18.270,5	-21.090,3	-21.855,0	-22.691,9	-22.242,9	-21.343,7	-20.325,9
HFC	NO	NO	NO	305,7	928,8	2.180,1	4.076,5	3.833,7	4.865,7	4.699,5	4.863,5
N_2O	6.003,0	5.787,0	6.916,9	7.571,8	8.758,6	9.396,8	10.404,1	10.014,7	9.565,2	9.285,5	9.812,4
PFC	NO	NO	NO	NO	0,1	0,1	0,9	0,7	0,6	0,6	0,5
SF_6	41,7	39,2	28,2	82,9	106,0	166,2	184,8	199,6	209,6	219,7	230,0
Emisiones netas	**225.030,4**	**243.197,1**	**227.566,5**	**211.545,3**	**223.942,5**	**229.436,5**	**275.348,6**	**280.240,2**	**268.905,9**	**257.047,1**	**276.732,8**

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presenta la tendencia de las emisiones por sector IPCC para carbono negro y contaminantes criterio a nivel nacional:

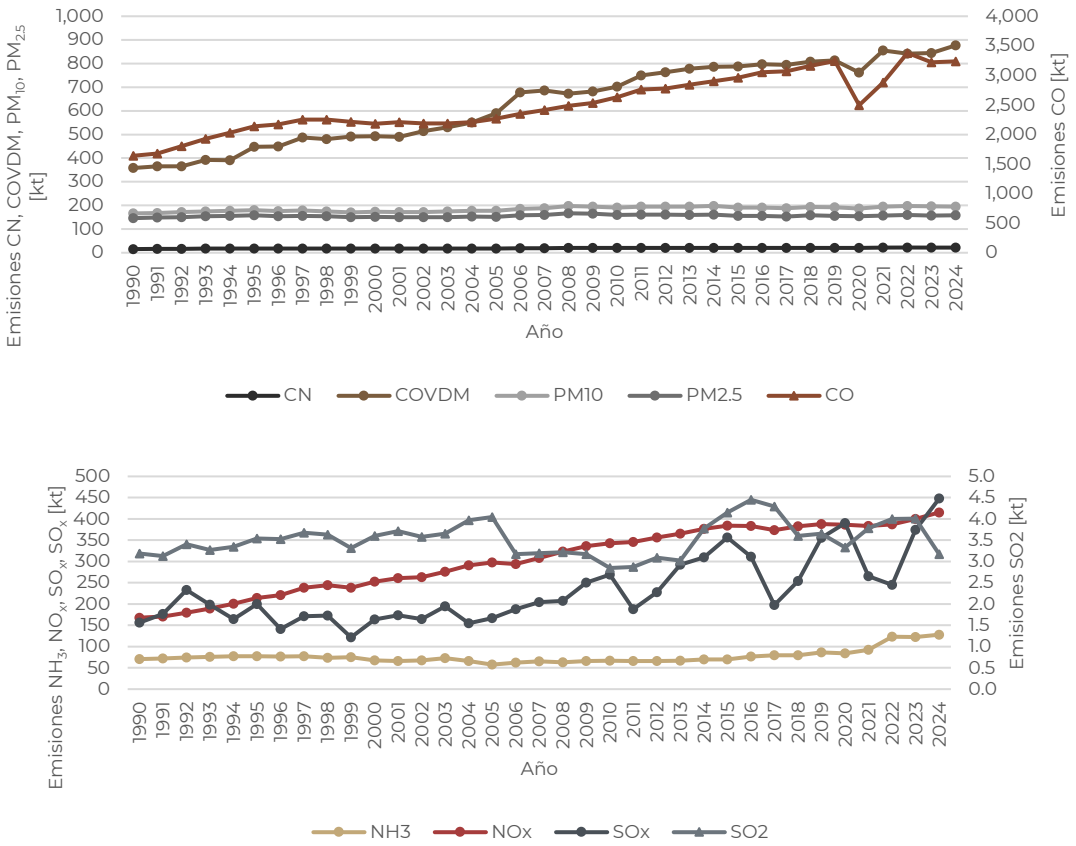


Figura 2-4. Tendencia de emisiones de carbono negro y contaminantes criterio (1990-2024) [kt de contaminante].

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la Figura 2-4, algunas emisiones tienden al alza como las emisiones de CO, COVDM, NO_x, SO_x, mientras otras como carbono negro (CN) y material particulado (PM_{10} y $PM_{2.5}$) poseen un comportamiento más estable. En la siguiente tabla se presentan las variaciones de emisiones entre 1990 y 2024 por contaminante a nivel nacional:

Tabla 2-4. Variación de las emisiones de carbono negro y contaminantes criterio entre 1990 y 2024 en Colombia

Contaminante	1990 [kt]	2024 [kt]	Variación [%]
CO	1.640,2	3.236,2	+97,3 %
COVDM	358,2	877,2	+144,9 %
CN	15,5	21,8	+40,9 %
PM_{10}	166,4	194,9	+17,2 %
$PM_{2.5}$	146,2	157,9	+8,0 %
SO_x	156,6	447,8	+186,0 %
SO_2	3,19	3,17	-0,5 %
NO_x	167,9	415,3	+147,3 %
NH_3	70,7	128,0	+80,9 %

Fuente: Elaboración propia.

Particularmente las emisiones de COVDM, NO_x, SO_x superaron el doble de las emisiones al comparar lo resultados de 1990 y 2024 (Incremento superior a 140 %). Las emisiones de CN se incrementaron un 40,9 %, las emisiones de CO se incrementaron un 97,3 %, las de NH_3 un 80,9 % y las de PM menos de un 20,0 %.

Los principales incrementos porcentuales se asocian al aumento del consumo de combustibles en la generación de energía eléctrica térmica, en la industria y el transporte. También se resalta el incremento en las emisiones de NH_3, cuyo aumento esta ligado a la expansión de la ganadería, principalmente la porcicultura.

En el año 2024 el contaminante que aporta mayores emisiones a la atmósfera es el monóxido de carbono (CO) con 3.236,2 kt CO, seguido por compuestos orgánicos volátiles diferentes al metano (COVDM) con 877,2 kt COVDM y los óxidos de nitrógeno y azufre con mas de 400 kt cada uno, como se resume en la siguiente tabla:

Tabla 2-5. Tendencia de las emisiones de carbono negro y contaminantes criterio (1990-2024) [kt de contaminante]

Contaminante	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
CN	15,5	17,9	17,4	18,0	20,7	20,0	21,0	21,7	22,1	21,2	21,8
CO	1640,2	2135,9	2181,6	2266,3	2632,9	2963,2	2495,2	2880,8	3379,6	3221,6	3236,2
COVDM	358,2	447,9	492,1	590,4	702,9	787,5	762,5	855,5	842,2	844,3	877,2
NH_3	70,7	77,0	67,4	57,6	66,4	70,1	84,2	92,5	123,0	122,6	128,0
NO_x	167,9	214,2	252,4	297,5	342,5	383,9	386,4	383,1	386,9	400,0	415,3
SO_2	3,2	3,5	3,6	4,0	2,8	4,1	3,3	3,8	4,0	4,0	3,2
SO_x	156,6	199,7	164,1	167,1	269,1	356,0	389,9	265,1	245,2	374,1	447,8
PM_{10}	166,4	180,2	173,1	177,0	190,7	190,9	186,9	194,6	197,7	195,7	194,9
$PM_{2.5}$	146,2	158,3	151,6	152,0	159,5	155,6	154,2	157,7	159,8	157,7	157,9

Fuente: Elaboración propia.

Se resalta la participación del sector de energía en las emisiones de carbono negro y contaminantes criterio.

2.2 Descripción de la tendencia agregada de las emisiones y absorciones atmosféricas por sector y por contaminante

En esta sección del presente capitulo se presenta el análisis o descripción de la tendencia de las emisiones por sector IPCC y por contaminante.

2.2.1 Descripción de la tendencia por sector

2.2.1.1 Energía (CRT 1)

Las emisiones del sector energía presentan una tendencia creciente a lo largo de la serie de tiempo, pasando de 51.104,3 kt CO_2eq en 1990 a 105.306,2 kt CO_2eq en 2024, con un incremento del 106,1 %, gracias a que emisiones como las de 1.A.1 Industrias de la energía se triplican, mientras las demás se duplican, como se evidencia a continuación:

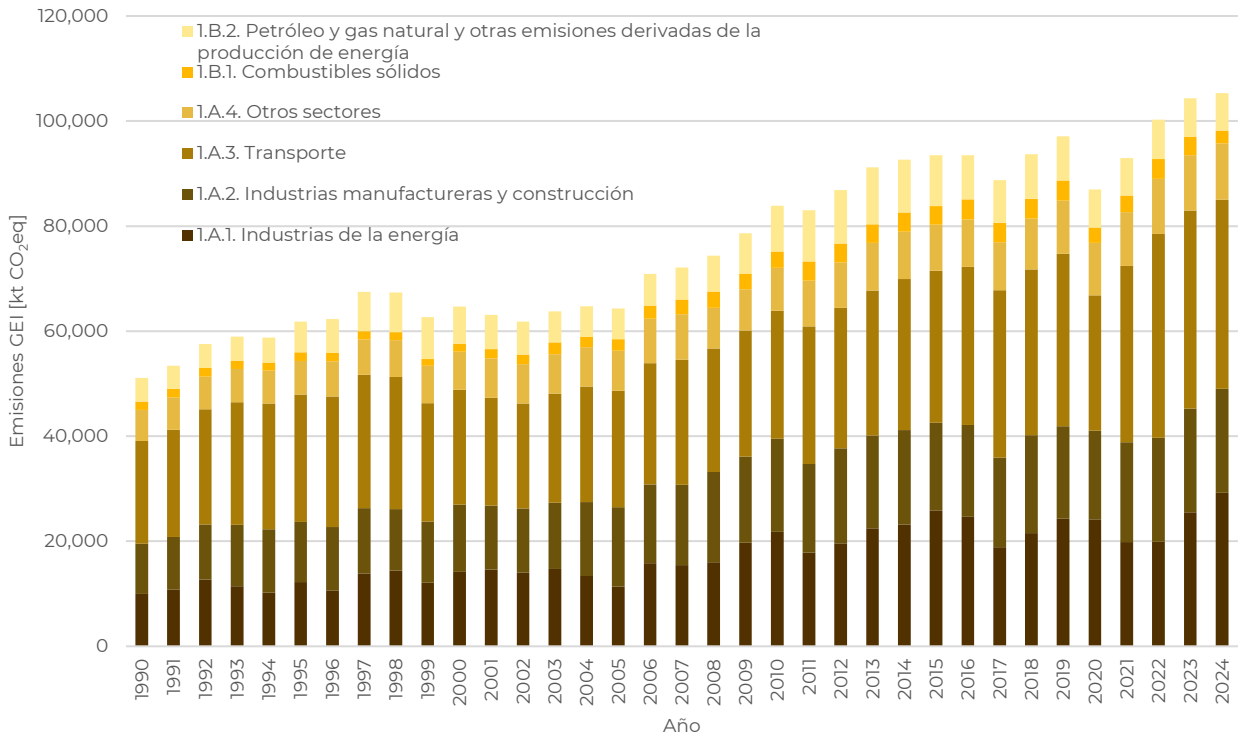


Figura 2-5. Tendencia de las emisiones del sector Energía (1990-2024) [kt CO_2eq].

Fuente: Elaboración propia.

La figura anterior, permite visualizar el impacto del subsector transporte en las emisiones energéticas nacionales, abarcando el 34,2 % de las emisiones sectoriales, seguido por industrias de la energía con el 27,7 % y las industrias manufactureras y de la construcción con el 18,8 %. Dentro de transporte, se resalta la participación en las emisiones del transporte terrestre con el 84,8 % de las emisiones del subsector, principalmente por el uso de combustibles fósiles en automóviles y camiones para servicio pesado y autobuses. Igualmente, asociado al subsector transporte, en el inventario se cuantifican las emisiones informativas (no suman al consolidado) por aviación y navegación internacional (bunker internacional), que equivalen a 519,2 kt CO_2eq de emisiones en el año 2024. Para más información puede consultar la sección 3.2.8 del capítulo 3 del presente documento.

Para el sector energía también se contabilizan las emisiones de carbono negro y contaminantes criterio. A nivel general en estas estimaciones, el sector energético tiene un papel crucial al contribuir significativamente en las máximas emisiones de CO, COVDM, NO_x, SO_x, PM_{10}, $PM_{2.5}$ y CN a nivel nacional.

Tabla 2-6. Variación en las emisiones de carbono negro y contaminantes criterio para el sector Energía entre 1990 y 2024 [kt contaminante]

Contaminante	1990 [kt]	2024 [kt]	Variación [%]
CO	1.492,2	2.999,5	+101,0 %
COVDM	266,6	631,1	+136,7 %
CN	14,6	20,6	+40,8 %
PM_{10}	141,2	154,8	+9,6 %
$PM_{2.5}$	135,5	142,1	+4,9 %
SO_x	155,3	445,2	+186,7 %
SO_2	1,28	0,98	-23,1 %
NO_x	137,4	373,6	+171,9 %
NH_3	24,6	25,1	+1,7 %

Fuente: Elaboración propia.

En el sector energía, como se evidencia en la tabla anterior, se generan mayores emisiones de CO, COVDM, SO_x y NO_x, cubriendo entre el 60 y 97 % de la contribución a la atmósfera, gracias al aumento del parque vehicular y el desarrollo industrial. La subcategoría 1.A.3. Transporte aporta el 71,8 % de las emisiones de CO y el 50,6 % de las emisiones de NO_x a nivel nacional, reflejo del acelerado crecimiento del parque automotor, motos y vehículos de carga (consultar la sección 3.2.8.1 para el detalle de otros contaminantes).

La subcategoría 1.A.4. Otros sectores (residencial, comercial y agropecuario estacionario), es la principal fuente de emisión de material particulado y carbono negro, principalmente por el uso de leña y biomasa para la cocción y calefacción en el sector residencial, sin embargo, estas emisiones tienden a la baja por la sustitución de la biomasa por gas natural y electricidad en algunos hogares colombianos.

Las emisiones de SO_x son lideradas por 1.A.1. Industrias de la energía (generación eléctrica, refinación) y 1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción, lo cual está asociado al consumo de carbón, fuel-oil y otros combustibles con azufre en plantas térmicas e industria pesada. Los picos presentados en la serie de tiempo (2015-2016, 2019, 2023-2024), se relacionan con el fenómeno de El Niño, ya que la menor disponibilidad de agua obliga a la generación de electricidad con fuentes térmicas como el carbón y combustibles líquidos con azufre en su composición.

En el capítulo 3 del presente documento encontrará más información.

2.2.1.2 Procesos industriales y uso de productos (CRT 2)

En el sector industrial, las emisiones de GEI asociadas a los procesos y al uso de productos abarcan el 4,2 % de las emisiones netas nacionales en el año 2024, con una variación del 173,1 % respecto al año 1990, pasando de 4.272,8 a 11.669,2 kt CO_2eq. La siguiente figura presenta la tendencia de emisiones de GEI para IPPU:

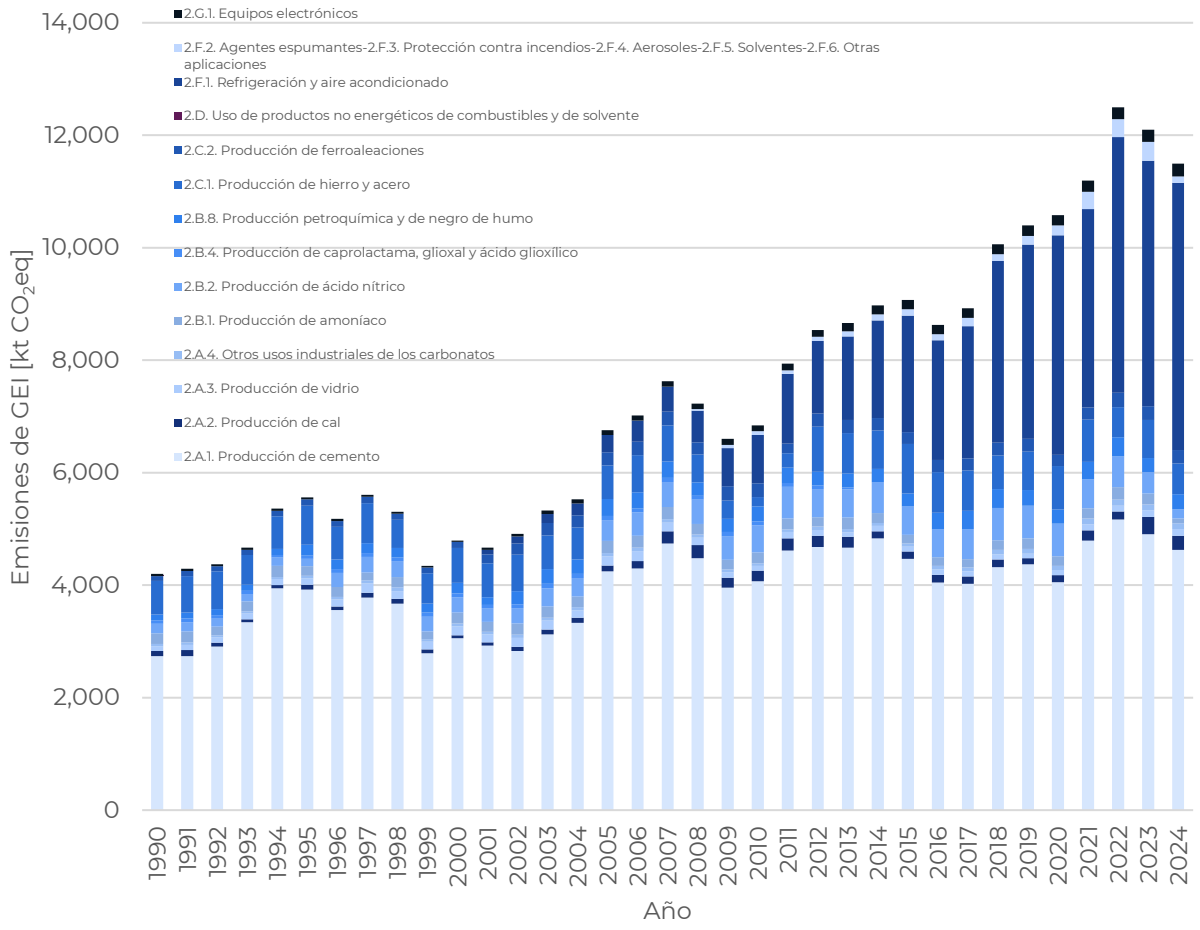


Figura 2-6. Tendencia de las emisiones del sector IPPU (1990-2024) [kt CO_2eq]

Fuente: Elaboración propia.

Las principales fuentes de emisión del sector se asocian a la industria de los minerales con la producción de cemento y el uso de HFC y PFC como sustitutos de las SAO. El proceso de calcinación y oxidación del Clinker aporta al 39,7 % de las emisiones del sector, mientras que el consumo de HFC y PFC en el sector de refrigeración y aire acondicionado aporta el 40,7 %. En relación con lo anterior, las principales emisiones del sector corresponden a CO_2 y HFC. Por otro lado, la presente tabla relaciona la variación en las emisiones de carbono negro y contaminantes criterio del sector IPPU:

Tabla 2-7. Variación en las emisiones de carbono negro y contaminantes criterio para el sector IPPU entre 1990 y 2024 [kt contaminante]

Contaminante	1990 [kt]	2024 [kt]	Variación [%]
CO	3,14	2,95	-6,1 %
COVDM	60,0	177,3	+195,4 %
CN	0,033	0,053	+60,1 %
PM_{10}	6,92	13,84	+100,0 %
$PM_{2.5}$	1,72	2,97	+72,0 %
SO_x	0,76	1,54	+101,7 %
SO_2	1,13	1,07	-4,9 %
NO_x	1,99	3,96	+98,9 %
NH_3	0,0011	0,0005	-53,1 %

Fuente: Elaboración propia.

El sector productivo colombiano no tiene una participación significativa en las emisiones de carbono negro y contaminantes criterio, como si lo hace el sector energía, sin embargo, es el sector con el cambio porcentual más elevado de COVDM, PM_{10} y SO_x. De la tabla anterior, se resaltan las emisiones de COVDM y PM_{10}. El uso de disolventes, pinturas y productos de limpieza en la industria son causantes de las emisiones de COVDM, la industria de cemento y cal genera la mayoría de las emisiones de material particulado (PM_{10}), mientras que la industria química es la principal fuente de las emisiones de SO_x y NO_x del sector. En el capítulo 4 del presente documento encontrará más información.

2.2.1.3 Agricultura (CRT 3)

La siguiente figura presenta la tendencia de emisiones de GEI del sector agricultura:

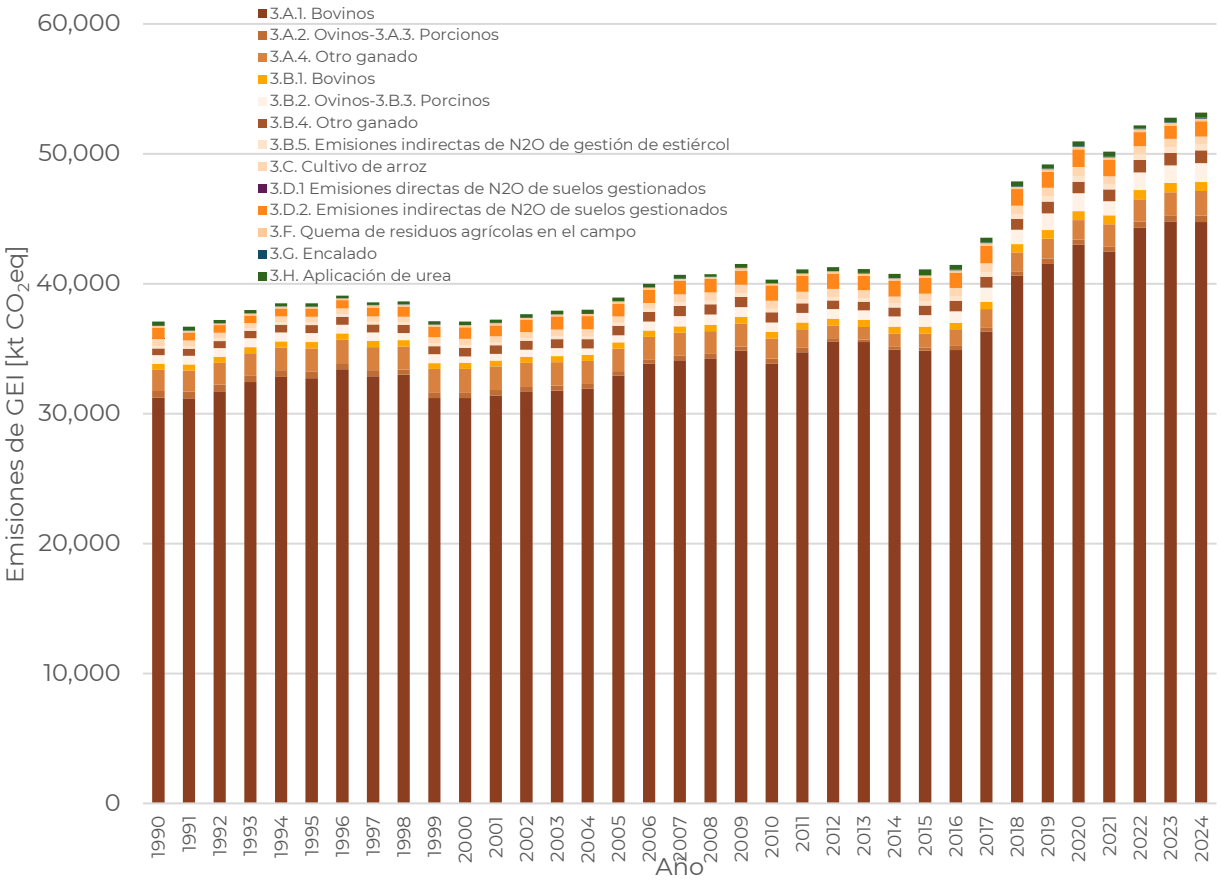


Figura 2-7. Tendencia de las emisiones del sector Agricultura (1990-2024) [kt CO_2eq].

Fuente: Elaboración propia.

En el año 2024, las emisiones por la gestión del ganado y el suelo con fines agropecuarios, abarcó el 21,0 % de las emisiones netas del país, siendo el tercer sector con mayor influencia sobre la tendencia nacional, con un incremento del 44,4 % pasando de 40.175,9 a 58.033,4 kt CO_2eq desde el año 1990. El sector agricultura es el segundo mayor emisor de CH_4 y N_2O. El CH_4 es dominante con una participación cercana al 87 % de las emisiones del sector, proveniente principalmente por la fermentación entérica, gracias al incremento del hato ganadero. Las emisiones de N_2O son causadas por la fertilización nitrogenada, la gestión de orina y estiércol depositados en pastoreo y los residuos de cosecha, asociados a la intensificación del uso de fertilizantes y la expansión de la frontera agrícola.

De otro lado, en el sector de agricultura, se resaltan las emisiones de CO, NH_3, COVDM y NO_x, como se evidencia en la siguiente tabla:

Tabla 2-8. Variación en las emisiones de carbono negro y contaminantes criterio para el sector Agricultura entre 1990 y 2024 [kt contaminante]

Contaminante	1990 [kt]	2024 [kt]	Variación [%]
CO	103,9	146,5	+41,1 %
COVDM	16,8	37,6	+123,0 %
CN	0,78	1,10	+41,1 %
PM_{10}	18,2	26,3	+44,3 %
$PM_{2.5}$	8,97	12,78	+42,4 %
SO_2	0,78	1,10	+41,1 %
NO_x	25,5	31,4	+23,0 %
NH_3	44,4	101,6	+128,7 %

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la Tabla 2-8, en agricultura se duplicaron las emisiones de COVDM y NH_3. Dentro de la quema de residuos agrícolas en campo, la quema de residuos de caña de azúcar (3.F.4), domina las emisiones de CO, CN, PM_{10}, $PM_{2.5}$ y SO_2, siendo una de las fuentes principales de emisión de CO y PM del país, luego del transporte y la combustión residencial. Las emisiones de NOx son lideradas por la gestión de suelos agrícolas (3.D), mientras que las emisiones de COVDM son representativas en la gestión de estiércol (3.B) por el crecimiento del hato ganadero (Bovinos y porcinos).

Finalmente, el sector agricultura es el principal aportante de las emisiones de NH3 a nivel nacional, principalmente por la gestión de estiércol asociada a la porcicultura (3.B.3) y la avicultura (3.B.4). En el capítulo 5 del presente documento encontrará más información.

2.2.1.4 Silvicultura, uso y cambio de uso de la tierra (CRT 4)

En el año 2024, el sector LULUCF aportó el 24,7 % de las emisiones netas del país, presentando una reducción del 23,6 % respecto a las emisiones netas del sector en el año 1990, pasando de 125.800,7 a 96.067,7 kt CO_2eq, siendo así el único sector que presentó una tendencia a la baja en la serie de tiempo, como se observa en la siguiente figura:

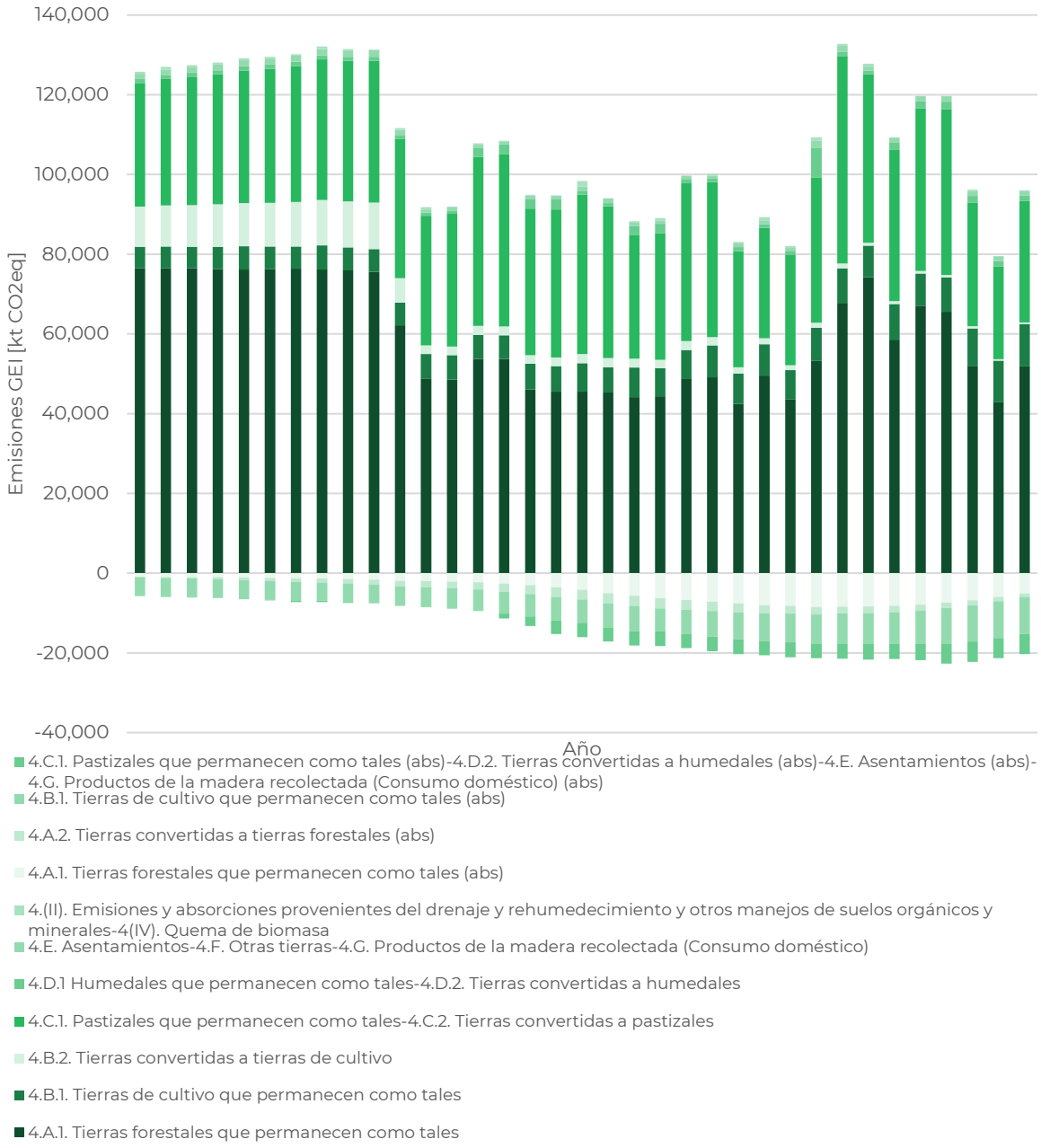


Figura 2-8. Tendencia de las emisiones del sector LULUCF (1990-2024) [kt CO_2eq]

Fuente: Elaboración propia.

En el sector LULUCF las principales fuentes de emisión están asociadas a tierras forestales, pastizales y tierras de cultivo, principalmente por la deforestación, la degradación y la conversión de bosque natural a pastizales y cultivos.

Los picos de emisión de 2016-2018, 2020-2021 coinciden con los periodos acelerados de deforestación en la Amazonía colombiana y las caídas marcadas de 2019, 2022 y 2023 se relacionan con la gestión de políticas, acuerdos de conservación y la lucha contra la economía ilícita. Adicionalmente, se observa un aumento en las absorciones durante la serie de tiempo, gracias al desarrollo de plantaciones forestales comerciales, la recuperación de coberturas y el desarrollo de cultivos sumideros de carbono como café, cacao y palma de aceite, como se muestra en la siguiente figura:

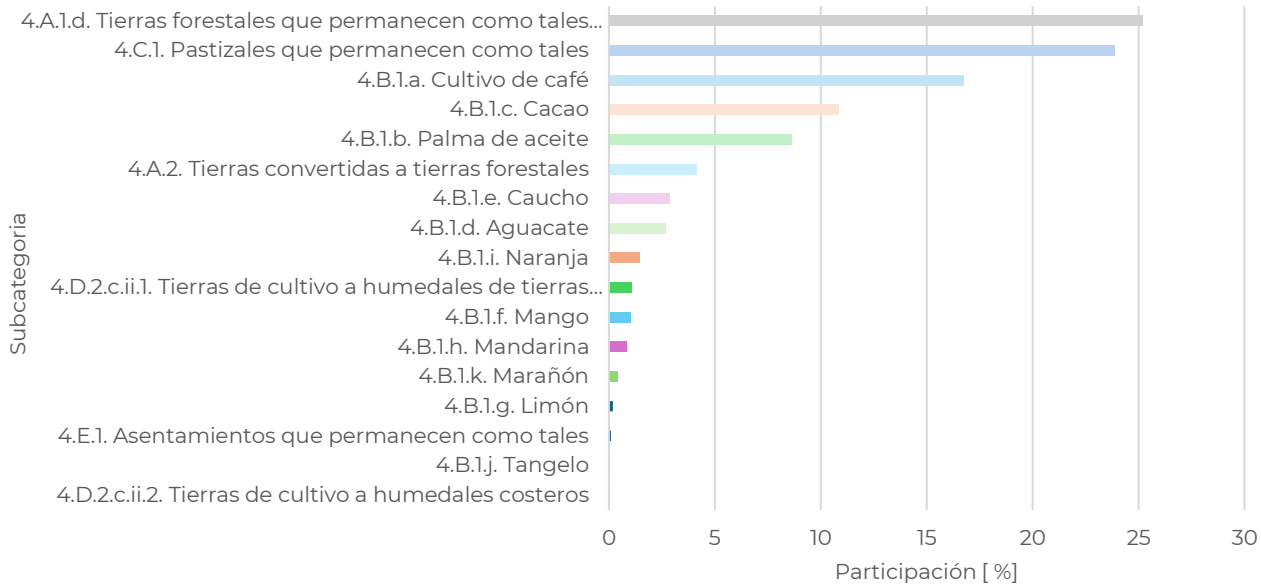


Figura 2-9. Participación en las absorciones de CO_2 en 2024

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, las emisiones por incendios forestales (4(IV).A.1.b) e incendios en pastizales 4(IV).C.1.b), de acuerdo con el capítulo 11. Recursos Naturales de la Guía EMEP/EEA, son informativas, por lo tanto, fueron estimadas, pero no se contabilizan dentro del consolidado. Puede consultar más información en el capítulo 6 del presente informe.

2.2.1.5 Residuos (CRT 5)

La siguiente figura presenta la tendencia de emisiones del sector residuos del año 1990 al año 2024:

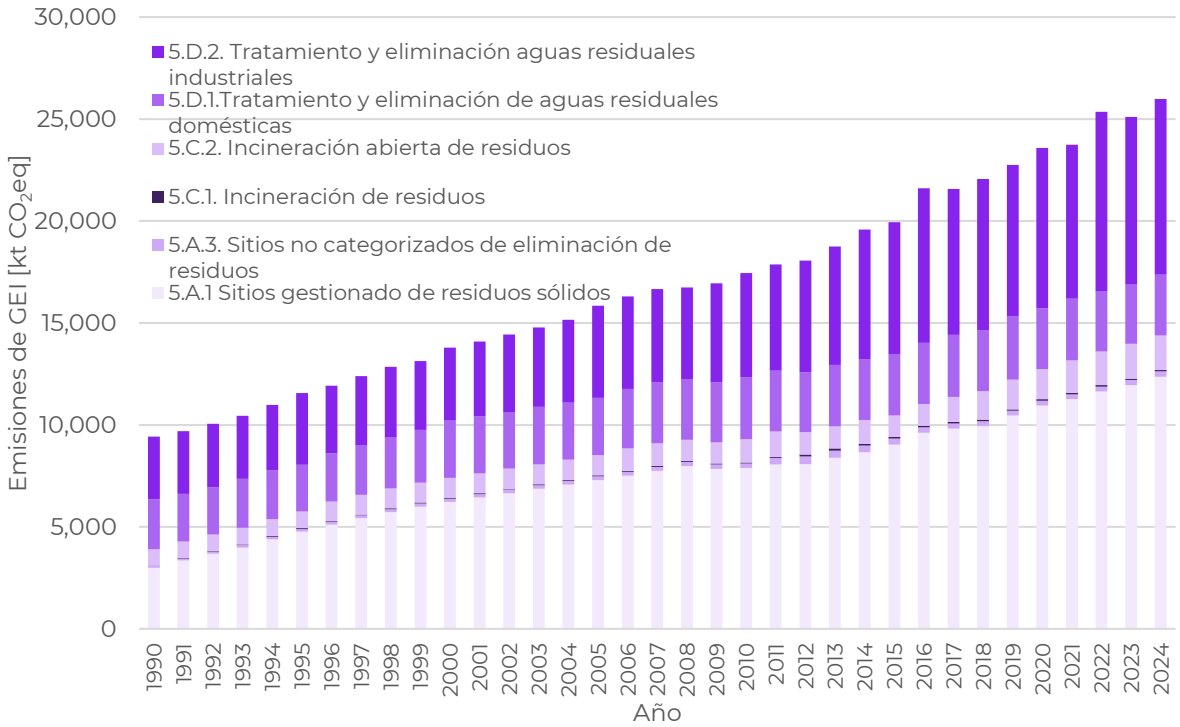


Figura 2-10. Tendencia de las emisiones del sector Residuos (1990-2024) [kt CO_2eq].

Fuente: Elaboración propia.

En el sector residuos se resaltan las emisiones por la gestión de residuos sólidos en sitios de eliminación (5.A.1) y las emisiones por tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales (5.D.2) y domésticas (5.D.1), subcategorías que son las principales fuentes de emisión de CH_4 y N_2O del sector. La tendencia creciente de las emisiones se asocia al crecimiento poblacional y urbanización acelerada, la mayor generación de residuos per cápita y la mejora en la cobertura de sistemas de disposición final y saneamiento lo que concentra y facilita la medición de metano en dichos sitios gestionados.

En la siguiente tabla se relaciona la variación en las estimaciones de carbono negro y contaminantes criterio entre 1990 y 2024 para el sector residuos:

Tabla 2-9. Variación en las emisiones de carbono negro y contaminantes criterio para el sector Residuos entre 1990 y 2024 [kt contaminante].

Contaminante	1990 [kt]	2024 [kt]	Variación [%]
CO	41,0	87,3	+112,9 %
COVDM	14,7	31,3	+112,6 %
CN	0,00004	0,00015	+225,8 %
PM_{10}	0,00008	0,00010	+29,2 %
$PM_{2.5}$	0,00004	0,00005	+28,0 %
SO_x	0,49	1,04	+112,9 %
SO_2	0,007	0,023	+218,5 %
NO_x	2,96	6,34	+113,8 %
NH_3	1,66	1,32	-20,7 %

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la tabla anterior, para la mayoría de los contaminantes se aprecia una tendencia creciente a excepción de NH_3, cuya caída (20,7 %) esta asociada principalmente a la categoría 5.D. Dichas variaciones y el impacto en las emisiones de cada contaminante están lideradas principalmente por la incineración e incineración abierta de residuos sólidos, hospitalarios y peligrosos (5.C), gracias al crecimiento poblacional y la persistencia de la incineración abierta o no controlada en algunas zonas del país. En contraste, las emisiones de CN y PM son marginales ya que 5.A y 5.D no involucran procesos de combustión significativos.

Puede consultar más información en el capítulo 7 del presente informe.

2.2.2 Descripción de la tendencia por contaminante

A continuación, se presenta el análisis de tendencia por GEI, carbono negro y contaminantes criterio para 1990 a 2024 en Colombia:

2.2.2.1 Descripción de la tendencia de emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero

2.2.2.1.1 Dióxido de carbono (CO_2):

Como se ha mencionado, el contaminante con mayor emisión a la atmósfera por actividades humanas en el territorio nacional es el CO_2, con una participación del 64,2 % en las emisiones netas del 2024.

Su principal fuente se concentra en las emisiones totales o brutas en el sector LULUCF, primordialmente por la degradación del bosque natural (4.A.1.b), la conversión de bosque natural a otras tierras forestales (4.A.1.c) y la conversión de tierras forestales a pastizales (4.C.2.a) (Ver Figura 2-11).

También se resalta la participación del sector energía en estas emisiones, especialmente por el consumo de combustibles fósiles (quema) (1.A), resaltándose la participación del sector transporte (1.A.3) con la aviación doméstica (1.A.3.a) y el transporte terrestre (1.A.3.b).

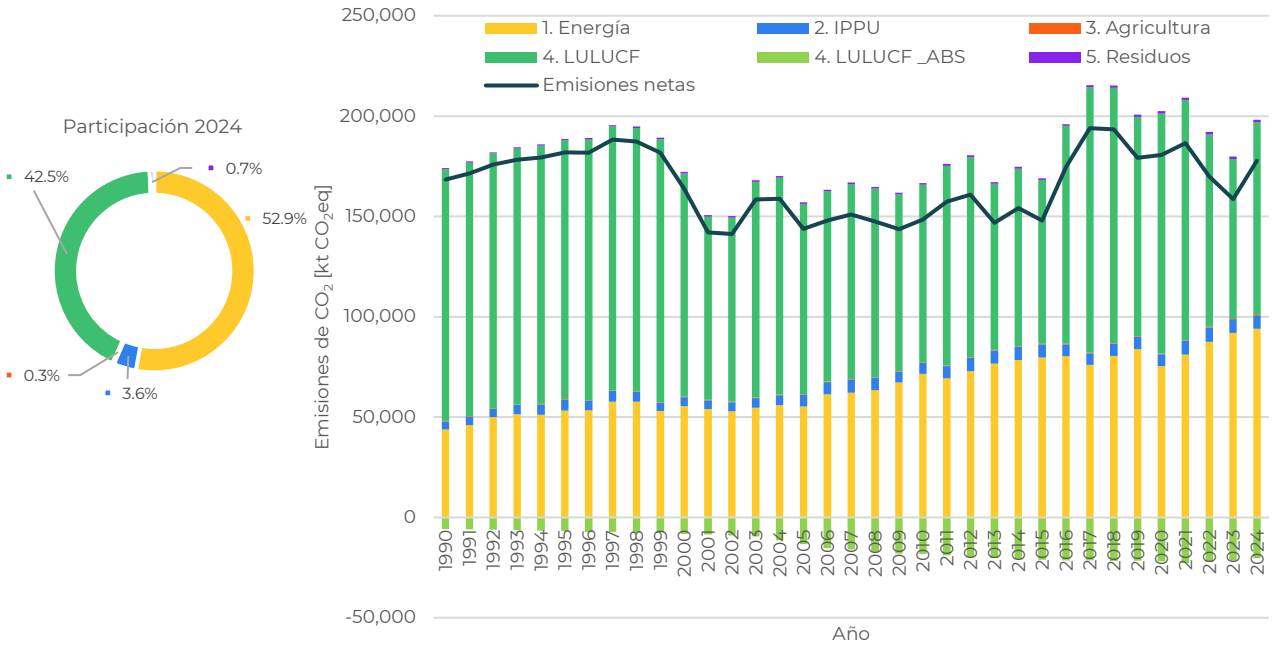


Figura 2-11. Tendencia de emisiones de CO_2 (1990-2024) [kt CO_2eq].

Fuente: Elaboración propia.

El 3,6 % de las emisiones netas de CO_2 para el año 2024 están en el sector IPPU, principalmente en actividades asociadas a la industria de los minerales con la producción de cemento (2.A.1) y en la industria de los metales con la producción de hierro y acero (2.C.1). La variación entre el primer (1990) y ultimo año (2024) de inventario para CO_2 es de 12,2 %. En el sector LULUCF se logran identificar los principales sumideros de carbono, como se presentan en la figura a continuación:

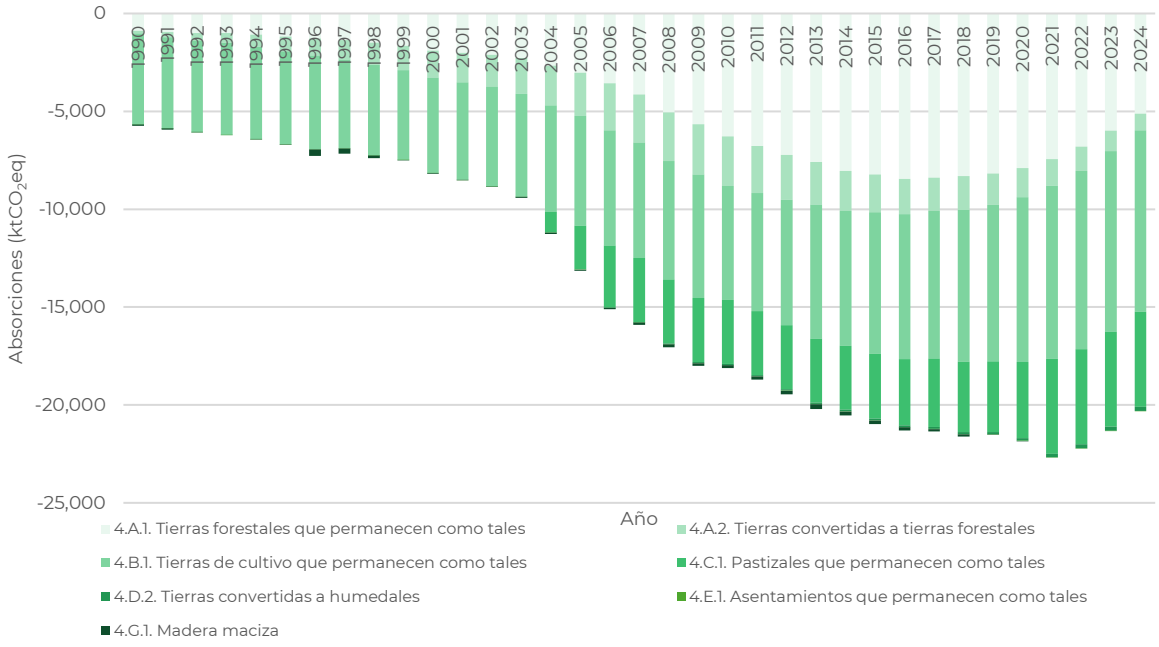


Figura 2-12. Tendencia de las absorciones de CO_2 (1990-2024) [kt CO_2eq].

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la figura anterior, se resaltan las absorciones por plantaciones comerciales, pastizales y el desarrollo de cultivos como el café, cacao y palma de aceite.

2.2.2.1.2 Metano (CH_4):

De acuerdo con la Figura 2-13, el sector de agricultura aportó en el 2024 al 59,8 de las emisiones de metano (CH_4) del país, principalmente por la fermentación entérica (3.A) de bovinos (3.A.1) en las novillas de reemplazo, ganado de engorde y las vacas destinadas a la producción de carne. El sector residuos aportó en el 2024 al 28,3 % de las emisiones de CH_4 principalmente con el tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales (5.D.2) y el tratamiento y eliminación de residuos sólidos en sitios gestionados (5.A.1). Finalmente, el sector energía aporto al 11,7 % de las emisiones de CH_4 principalmente por las emisiones fugitivas en la minería de carbón y la industria del petróleo y gas natural.

El incremento de las emisiones de CH_4 entre 1990 y 2024 fue de 39,7 %, con una participación de 30,4 % en las emisiones netas del país en el 2024. La siguiente figura presenta la tendencia de las emisiones de CH_4 por sector IPCC:

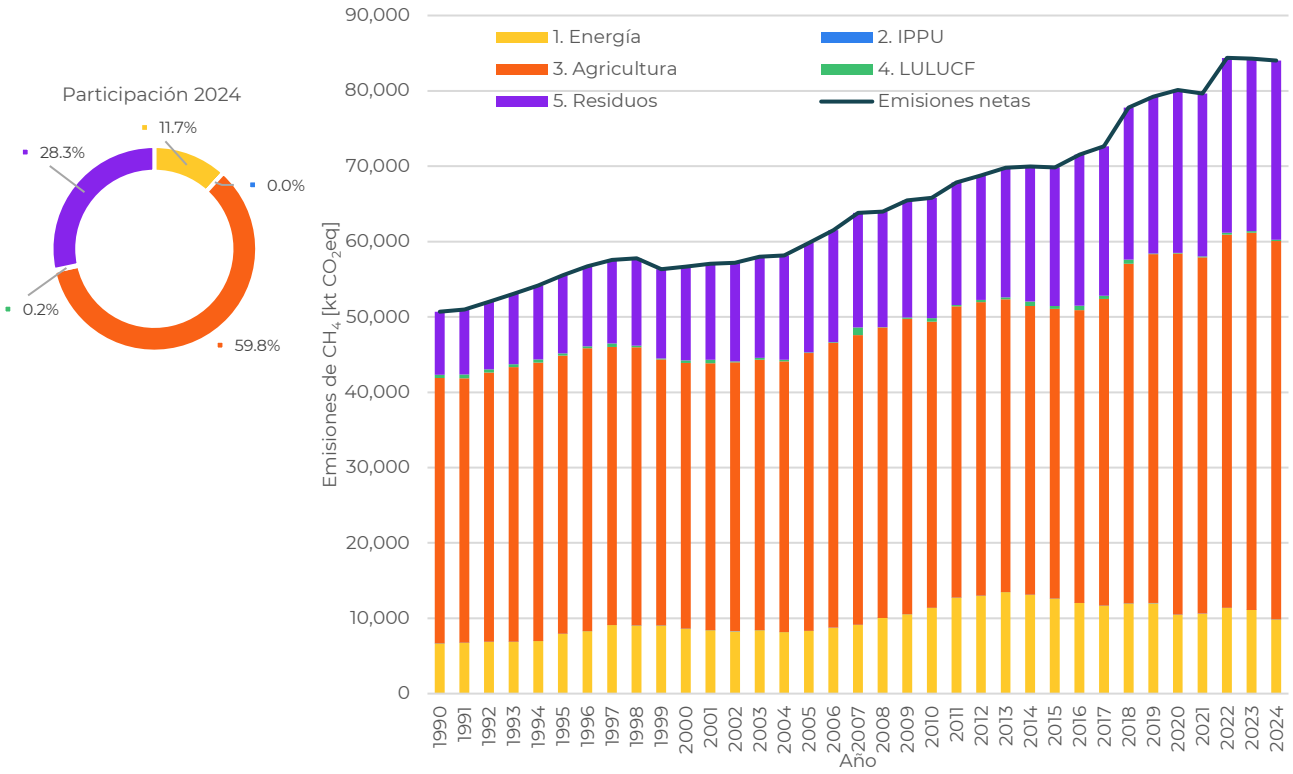


Figura 2-13. Tendencia de emisiones de CH_4 (1990-2024) [kt CO_2eq].

Fuente: Elaboración propia.

2.2.2.1.3 Óxido nitroso (N_2O):

La variación de las emisiones de óxido nitroso (N_2O) entre 1990 y 2024 fue de 38,8 %, con una participación del 3,5 % de las emisiones netas del país en el 2024. El sector que aporta en mayor medida a las emisiones de N_2O es agricultura con el 74,7 % de participación en las emisiones netas del 2024, principalmente por la gestión de estiércol de porcinos y el uso de fertilizantes nitrogenados inorgánicos en la gestión de suelos agrícolas.

Por su parte el sector energía aporta el 10,9 % de las emisiones de N_2O, seguido del sector residuos con el 8,7 %, con emisiones importantes en el sector transporte terrestre y por el tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas e industriales.

En el sector IPPU, se observa un decrecimiento de las emisiones de N_2O gracias a la instalación de plantas de abatimiento en una de las empresas productoras de ácido nítrico a nivel nacional, pasando de 553,7 kt CO_2eq en el 2022 a 381,1 kt CO_2eq en 2023 y 165,0 kt CO_2eq en 2024, lo cual representa una reducción de 70,1 % en dichos 3 años.

La siguiente figura presenta la tendencia de las emisiones de N_2O por sector IPCC:

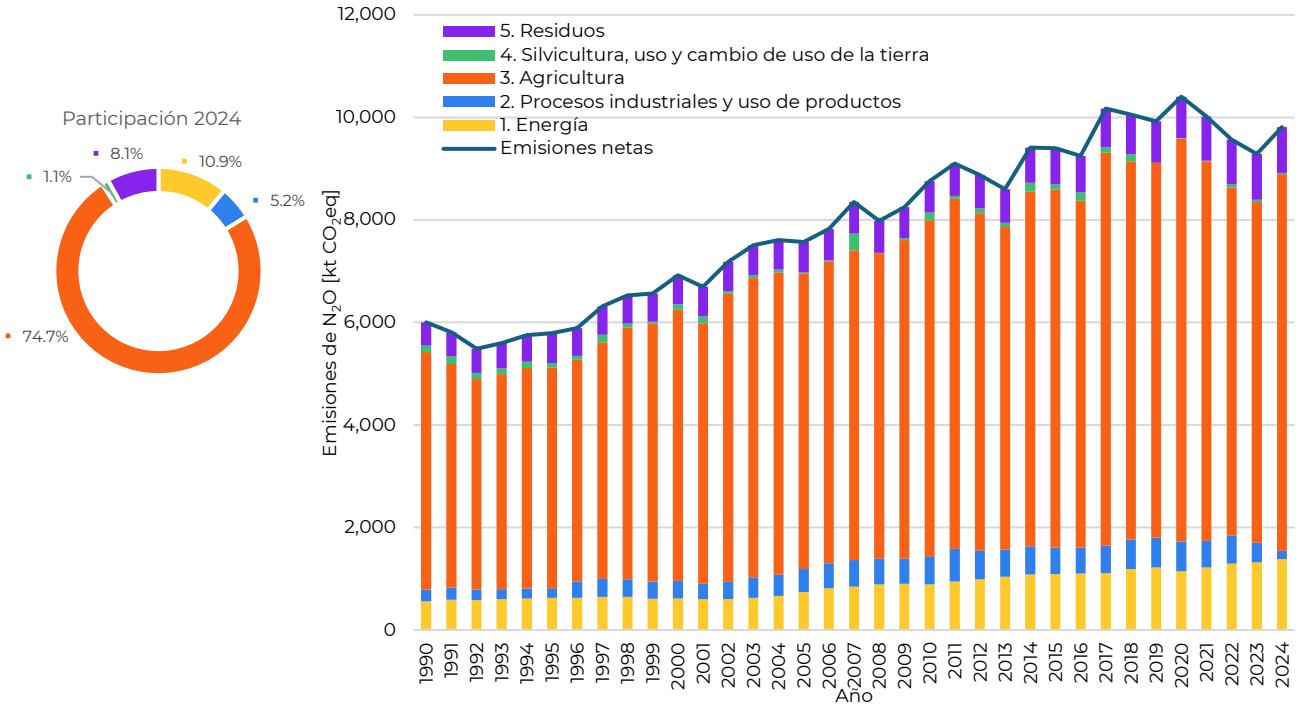


Figura 2-14. Tendencia de emisiones de N_2O (1990-2024) [kt CO_2eq].

Fuente: Elaboración propia.

2.2.2.1.4 Gases fluorados:

Las emisiones de HFC, PFC y SF_6 se desarrollan el sector IPPU. La figura a continuación presenta una tendencia creciente en las emisiones de gases fluorados, principalmente desde la introducción de los HFC y PFC como sustitutos de las SAO:

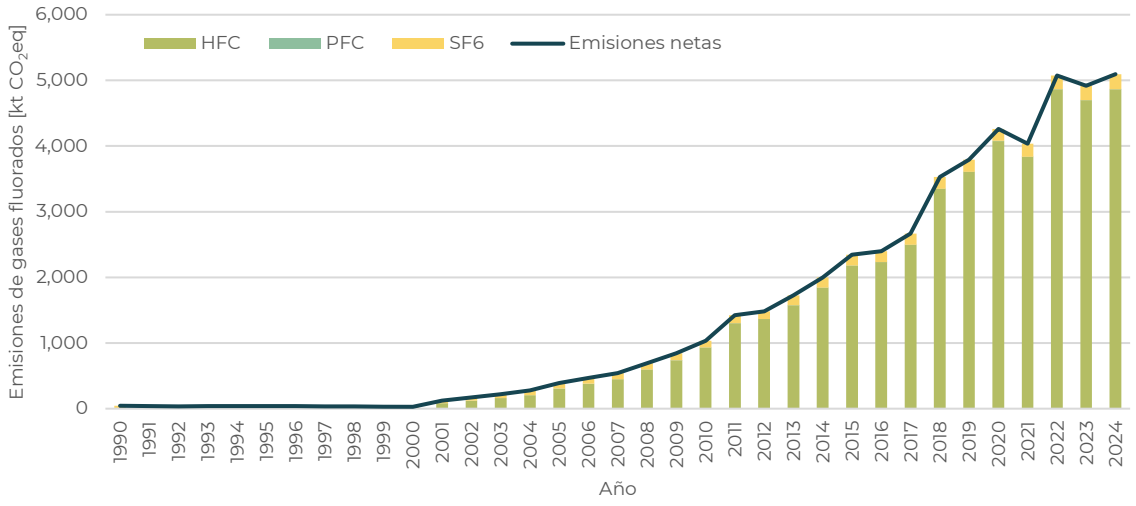


Figura 2-15. Tendencia de emisiones de gases fluorados (1990-2024) [kt CO_2eq].

Fuente: Elaboración propia.

En el año 2024, los gases fluorados abarcan el 1,8 % de las emisiones netas del país. Sin embargo, en dicho año se establece la Resolución 0134 de 2024, que establece las medidas de importación de las sustancias listadas

en el Anexo F del Protocolo de Montreal (incluyendo los HFC), cuyo objetivo es reducir gradualmente la importación de HFC en el país.

Para ello, la resolución establece que dichas importaciones de HFC o sus mezclas están sujetas a licencia ambiental otorgada por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), define la línea base del consumo de HFC en Colombia y también establece la fecha de congelamiento (2024 a 2028) del consumo de estas sustancias en el país, a partir de la cual Colombia no puede seguir incrementando el consumo de estas sustancias respecto a la línea base y debe iniciar la reducción del consumo conforme el cronograma (2029 en adelante).

2.2.2.2 Descripción de la tendencia de emisiones de carbono negro y contaminantes criterio

2.2.2.2.1 Carbono negro (CN):

Las emisiones de carbono negro (CN) para el año 2024 fueron de 21,8 kt, sus principales fuentes de emisión se concentran en el sector de energía con el 94,7 % de la participación y agricultura con el 5,0 %, principalmente por el consumo de combustibles en el sector residencial (1.A.4.b) y el transporte terrestre, gracias al aumento del parque vehicular a través de los años, el consumo de diésel y la reducción de consumo de leña en los hogares.

La variación entre 1990 y 2024 para carbono negro corresponde a un incremento del 40,9 %, como se evidencia en la siguiente figura.

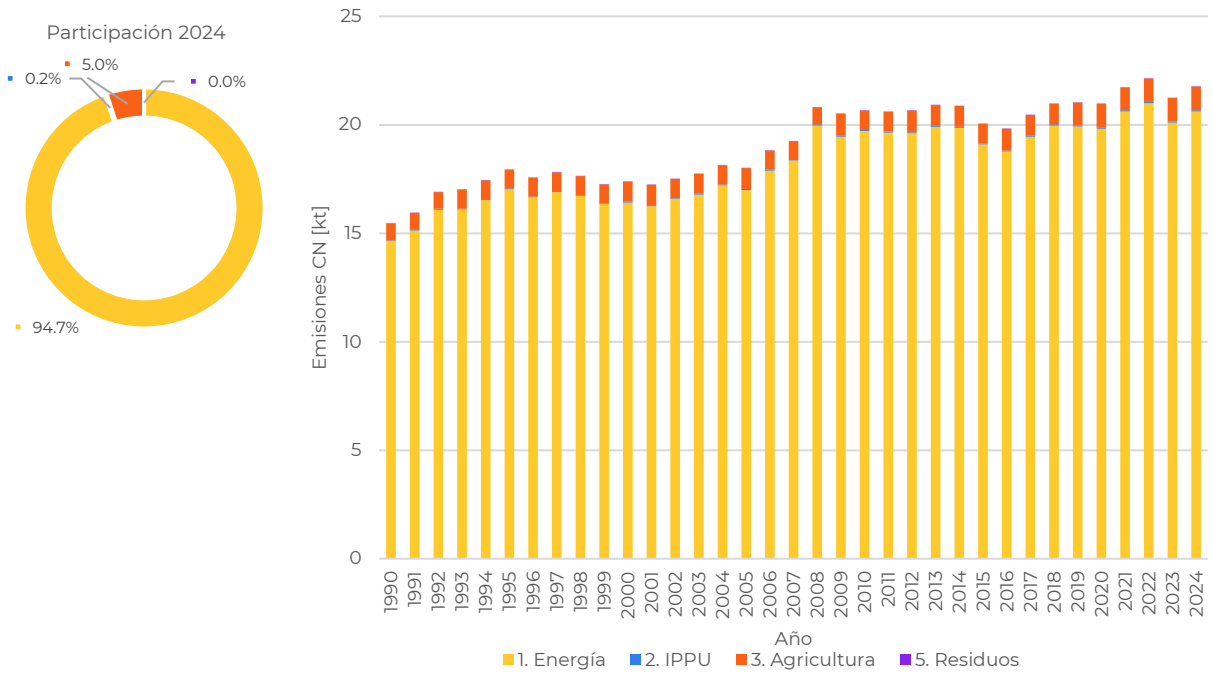


Figura 2-16. Tendencia de las emisiones de carbono negro (CN) (1990-2024) [kt CN].

Fuente: Elaboración propia.

2.2.2.2.2 Monóxido de carbono (CO):

La aviación doméstica (1.A.3.a) y el transporte terrestre (1.A.3.b) aportan al 72 % de las emisiones de CO en el país, que junto con las emisiones por consumo de combustibles en el sector residencial (1.A.4.b) aportan al 92,7 % de participación del sector energía en las emisiones de CO. Lo anterior se relaciona con el aumento del parque automotor y del tráfico aéreo doméstico, haciendo que la aviación triplique su aporte a las emisiones de CO entre 1990 y 2024. Las emisiones de CO para el año 2024 fueron de 3.236,4 kt con un incremento del 97,3 % respecto al año 1990. La siguiente figura presenta la tendencia de las emisiones de este contaminante para Colombia:

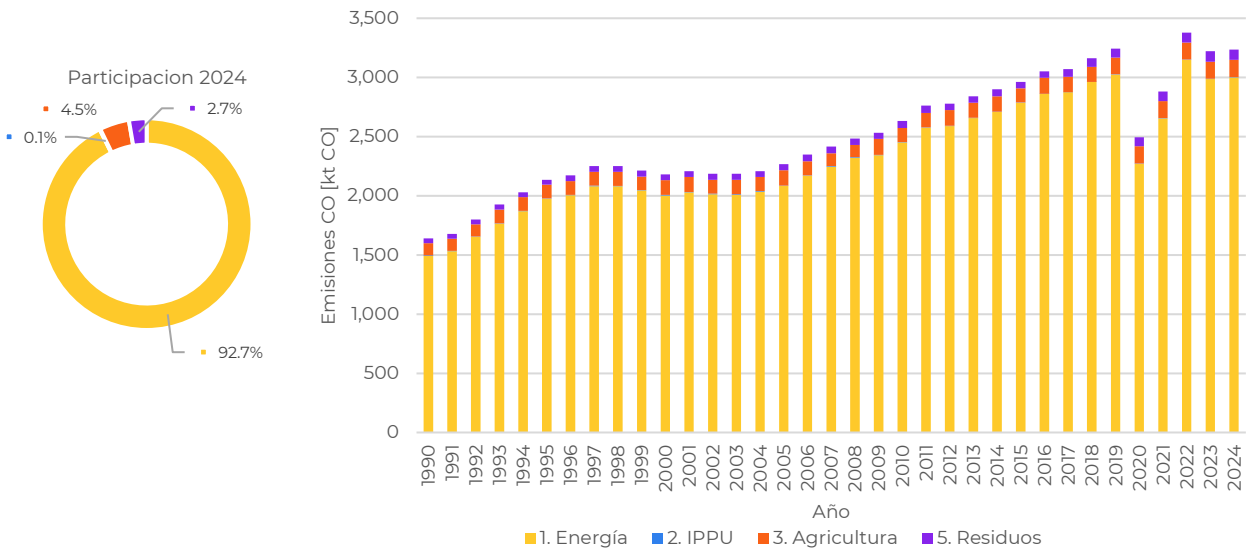


Figura 2-17. Tendencia de las emisiones de monóxido de carbono (CO) (1990-2024) [kt CO].
Fuente: Elaboración propia.

Es importante resaltar que las emisiones de CO son mayores a las emisiones de carbono negro y otros contaminantes criterio.

2.2.2.2.3 Compuestos orgánicos volátiles diferentes al metano (COVDM):

Es el segundo contaminante con mayor participación el inventario de carbono negro y contaminantes criterio, siendo el primero CO. Como ocurre con las emisiones de CO y CN, el sector energía representa la mayor participación en las emisiones de COVDM con 71,9 %, seguido por el sector IPPU con 20,2 %.

Las principales fuentes de emisión se relacionan con el consumo de combustibles en el transporte terrestre (1.A.3.b), las emisiones fugitivas de petróleo y gas (1.B.2) y otros usos de solventes, adhesivos, tintas de impresión y desengrasantes (2.D.3). Lo anterior asociado al crecimiento del parque vehicular a gasolina, la expansión de industria y el crecimiento de la producción de hidrocarbonos. En el 2024 las emisiones de COVDM representaron un incremento del 144,9 % respecto al año 1990, con 877,2 kt. La siguiente figura presenta la tendencia de las emisiones de COVDM:

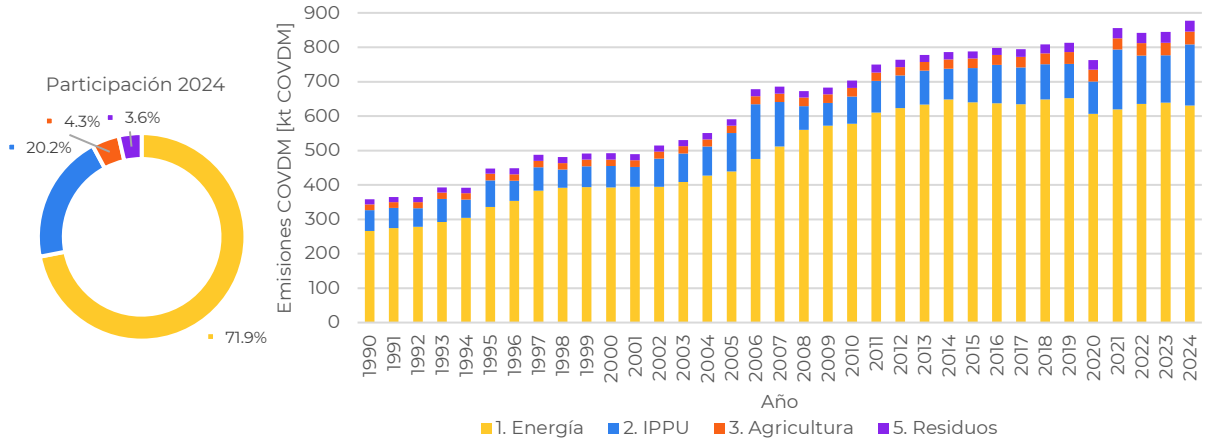


Figura 2-18. Tendencia de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles diferentes al metano (COVDM) (1990-2024) [kt COVDM].

Fuente: Elaboración propia.

2.2.2.2.4 Amoniaco (NH_3):

En el año 2024, las emisiones de NH3 representaron un incremento del 80,9 % respecto al año 1990 con 128,0 kt. Estas emisiones históricamente son lideradas por el sector agricultura, principalmente por la gestión de estiércol en el sector porcícola, que presenta in incremento en la producción pecuaria (porcicultura y ganadería) en el año 2021, lo cual influencia las emisiones de NH_3. Mientras la agricultura lidera la participación en las emisiones de amoniaco con el 79,4 %, también se resalta la participación del sector energía con el 19,6 %, originadas en el sector transporte por los vehículos a gasolina y la quema en el sector residencial. La siguiente figura presenta la tendencia de emisiones de NH_3:

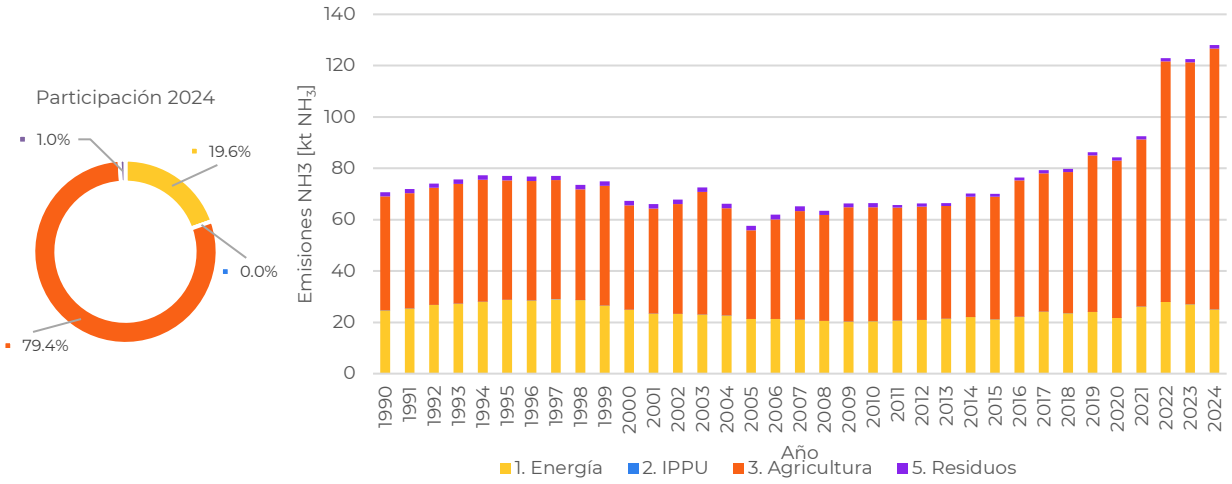


Figura 2-19. Tendencia de las emisiones de amoniaco (NH_3) (1990-2024) [kt NH_3].

Fuente: Elaboración propia.

2.2.2.2.5 Óxidos de nitrógeno (NO_x)

Las emisiones de óxidos de nitrógeno (NO_x) son lideradas por el transporte terrestre (1.A.3.b), las industrias manufactureras (1.A.2) y las industrias de la energía (1.A.1), las cuales aportan al 90,0 % de las emisiones nacionales con el sector energía, gracias a la combustión a altas temperaturas en motores diésel y en la generación térmica y el crecimiento sostenido del parque de camiones y buses a diésel. Las emisiones de NOx en 2024 fueron de 415,4 kt, logrando un incremento del 147,3 % respecto a 1990. La figura a continuación presenta la tendencia de las emisiones:

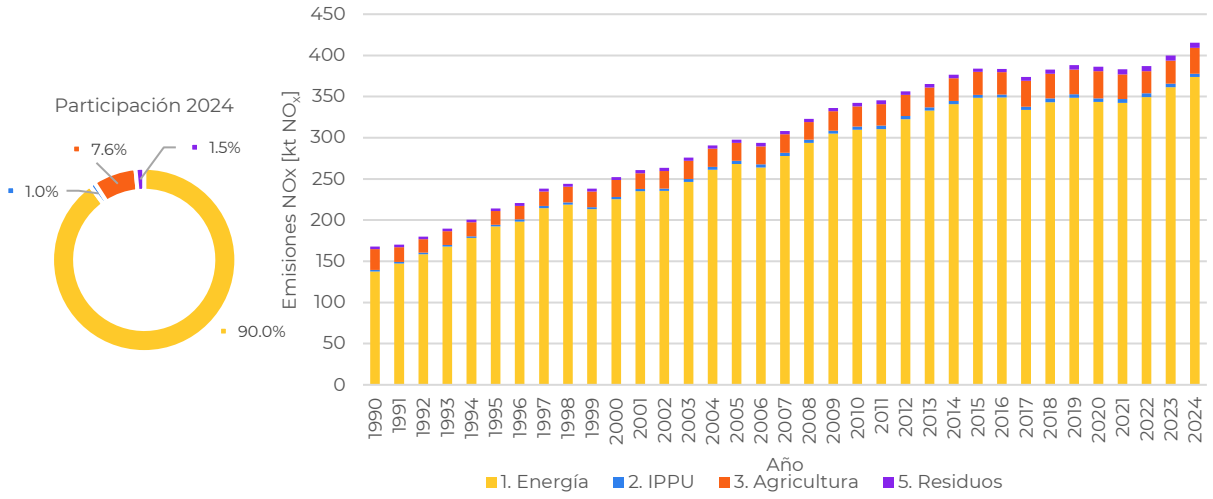


Figura 2-20. Tendencia de las emisiones de óxidos de nitrógeno (NO_x) (1990-2024) [kt NO_x].

Fuente: Elaboración propia.

2.2.2.2.6 Dióxido de azufre (SO_2):

Las emisiones de SO_2 se presentan de una forma distribuida entre agricultura (34,6 %), IPPU (33,7 %) y residuos (31,0 %), con la industria de pulpa y papel (2.H1), quema de residuos de caña de azúcar (3.F.4) y transporte como las principales fuentes de emisión. Las emisiones de SO_2 en el 2024 fueron de 3,2 kt, con una reducción del 0,5 % respecto a 1990. La siguiente figura presenta la tendencia de emisiones de SO_2.

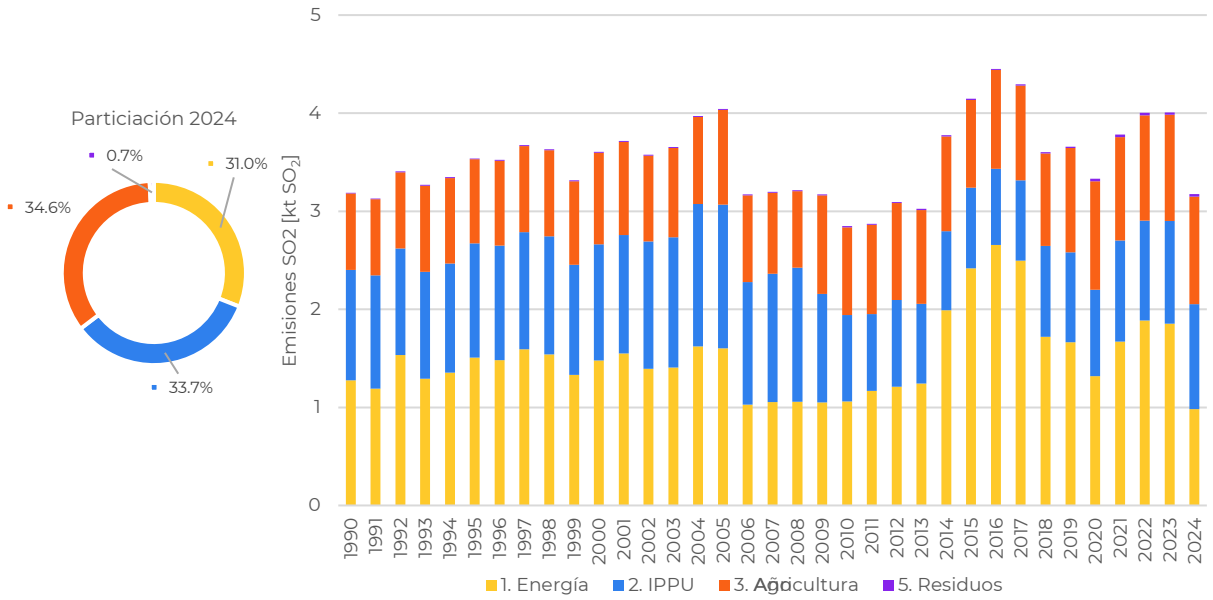


Figura 2-21. Tendencia de las emisiones de dióxido de azufre (SO_2) (1990-2024) [kt SO_2].

Fuente: Elaboración propia.

2.2.2.2.7 Óxidos de azufre (SO_x):

Las emisiones de SOx en el 2024 fueron de 447,8 kt, con una variación de 186,0 % respecto a 1990. El sector energía aporta al 99,4 % de las emisiones de SOx principalmente por la generación de energía termoeléctrica sobre todo en los años de fenómeno del Niño y el uso de combustibles con azufre en las industrias de minerales no metálicos. La siguiente figura presenta la tendencia de las emisiones de SO_x:

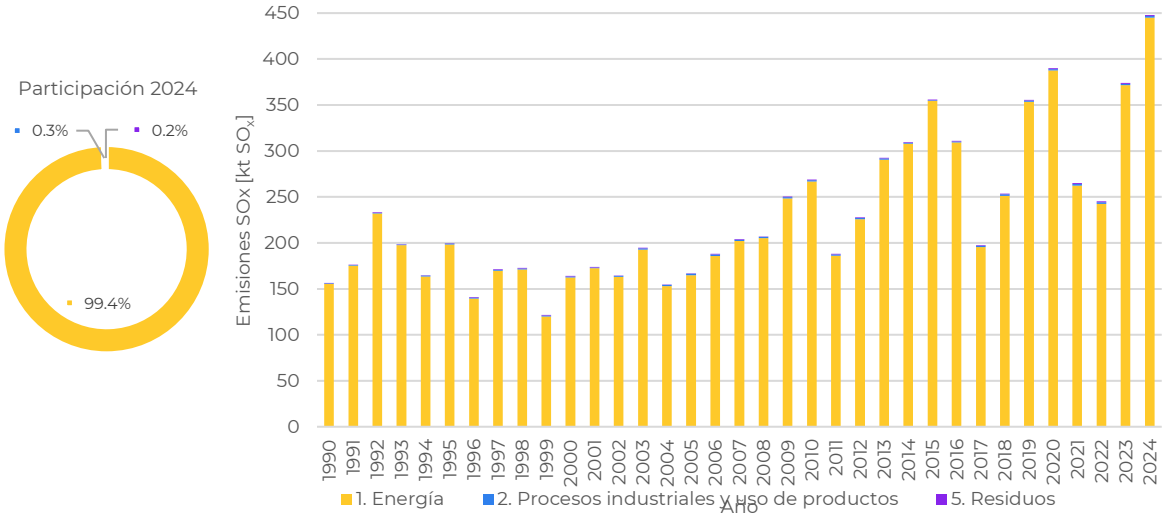


Figura 2-22. Tendencia de las emisiones de óxidos de azufre (SO_x) (1990-2024) [kt SO_x].

Fuente: Elaboración propia.

2.2.2.2.8 Material particulado (PM_{10}, $PM_{2.5}$):

Las siguientes figuras presentan la tendencia de emisiones de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$:

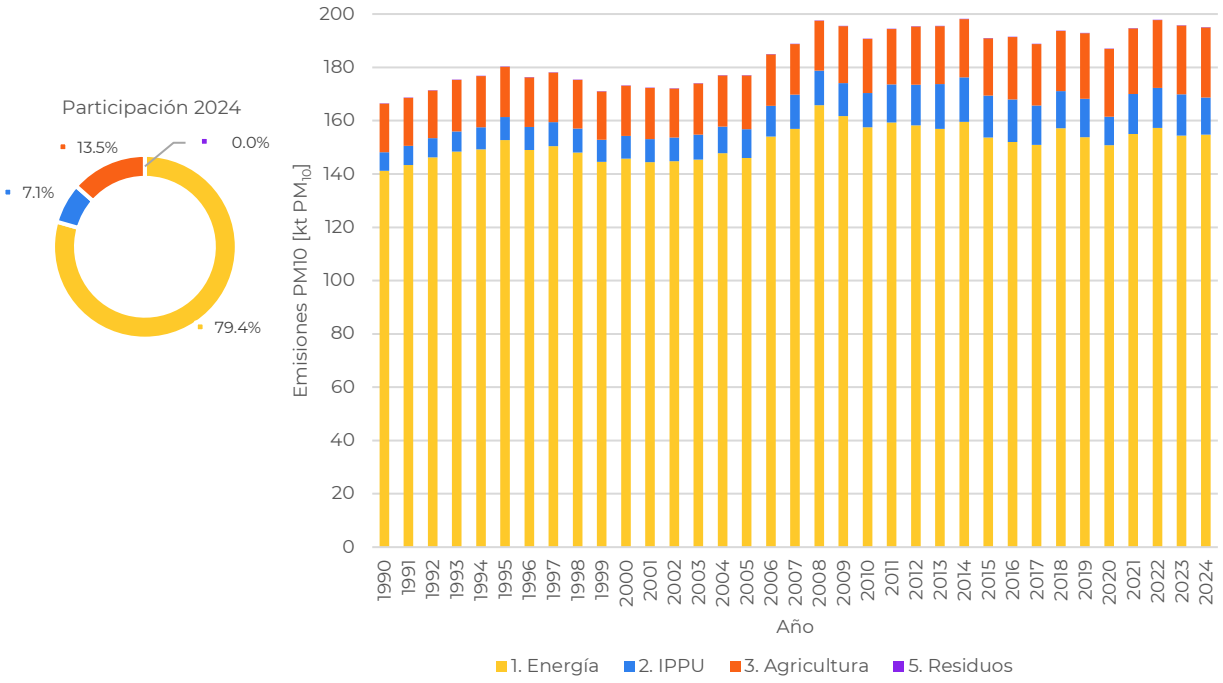


Figura 2-23. Tendencia de las emisiones de material particulado tamaño 10 µm (PM_{10}) (1990-2024) [kt PM_{10}].

Fuente: Elaboración propia.

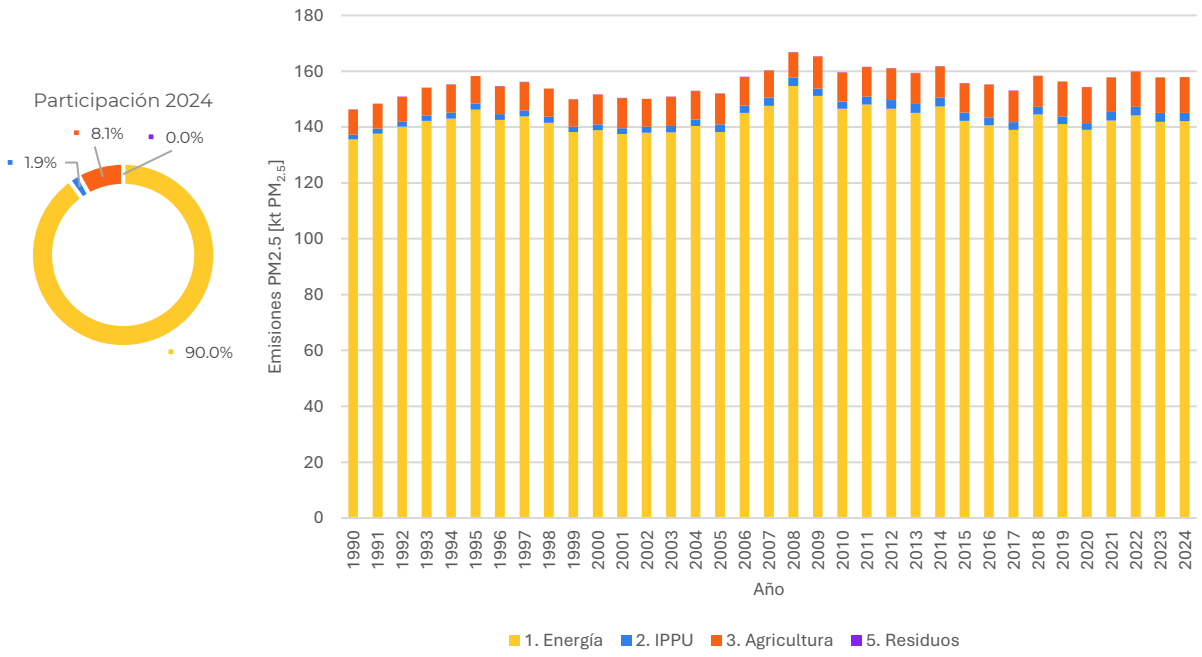


Figura 2-24. Tendencia de las emisiones de material particulado tamaño 2,5 µm (PM_{10}) (1990-2024) [kt $PM_{2.5}$].

Fuente: Elaboración propia.

Como se aprecia en las figuras anteriores, el sector energía aporta en mayor medida a las emisiones de material particulado, seguido por el sector agricultura e IPPU, principalmente por el consumo de combustibles en el sector residencial, la industria de alimentos y el transporte. En el año 2024 las emisiones de PM_{10} fueron de 154,8 kt y las emisiones de $PM_{2.5}$ de 142,1 kt con variaciones inferiores al 10 %, respecto a 1990.

2.2.3 Descripción de la tendencia en niveles subnacionales

El país posee una división político administrativa de acuerdo con la Constitución Política de 1991 en 32 departamentos y más de 1.100 municipios. Estos departamentos, para fines de inventario los hemos relacionado desde el SINGEI con 6 regiones por tipo de bioma y con las autoridades ambientales, que tienen como objetivo principal proteger y conservar el medio ambiente y los recursos naturales para garantizar el desarrollo sostenible del país. Para lograrlo, regulan el ordenamiento territorial y formulan políticas públicas de conservación, abarcando bajo su jurisdicción ciertos municipios del país para facilitar la gestión. Por lo tanto, el inventario subnacional presenta las emisiones y absorciones atmosféricas a escala: regional, departamental, municipal, por autoridad y por sector cartera. Este último se construye a través de la asignación de las estimaciones de las categorías del árbol del SINGEI a cada cartera ministerial bajo consenso y aprobación en el comité de la CICC (Ver Anexo 1.1. Árbol de categorías del SINGEI). La desagregación del inventario implica la identificación del tipo de información disponible, es decir, realizar un sondeo para determinar si los datos de actividad y los factores de emisión se encuentran en escala nacional, municipal, departamental o regional, para a partir de ellos realizar su desglose desde la escala nacional con un enfoque top-down (arriba hacia abajo) o bottom-up (abajo hacia arriba). El enfoque de arriba hacia abajo, se centra en definir desde el punto de vista sectorial los drivers de proporción para llevar las emisiones nacionales, regionales o departamentales a escala municipal, caso contrario con el enfoque abajo hacia arriba con el que las estimaciones ya se encuentran desagregadas.

Una vez se tiene todo el inventario estimado a escala municipal, con ayuda del insumo de regionalización (construido a partir de la DIVIPOLA del DANE y el mapa de regiones por tipo de bioma del IGAC) que presenta la relación entre regiones, departamentos, municipios y autoridades ambientales, se procede a administrar las relaciones entre estos niveles de desagregación para generar los diferentes tipos de inventario (Ver el Anxo 2.1). En las siguientes secciones se resumen los principales resultados obtenidos, sin embargo, para poder explorar los datos se invita a visitar el enlace del pie de página1 .

2.2.3.1 Inventario de emisiones y absorciones atmosféricas regional

La siguiente figura presenta la tendencia de las emisiones netas históricas de gases de efecto invernadero (GEI) por región por tipo de bioma para el periodo 1990 a 2024. A nivel general, las emisiones regionales muestran un comportamiento creciente en la mayor parte de la serie de tiempo, con variaciones interanuales asociadas principalmente a la dinámica de los sectores Energía, Agricultura y LULUCF. En el año 2024, las mayores emisiones netas se concentran en la región Andina, seguida por las regiones Caribe y Amazonía, mientras que las regiones Orinoquía, Pacífica e Insular presentan menores contribuciones relativas al total nacional.

1 https://www.ideam.gov.co/nuestra-entidad/estudios-ambientales/cambio-climatico/gei

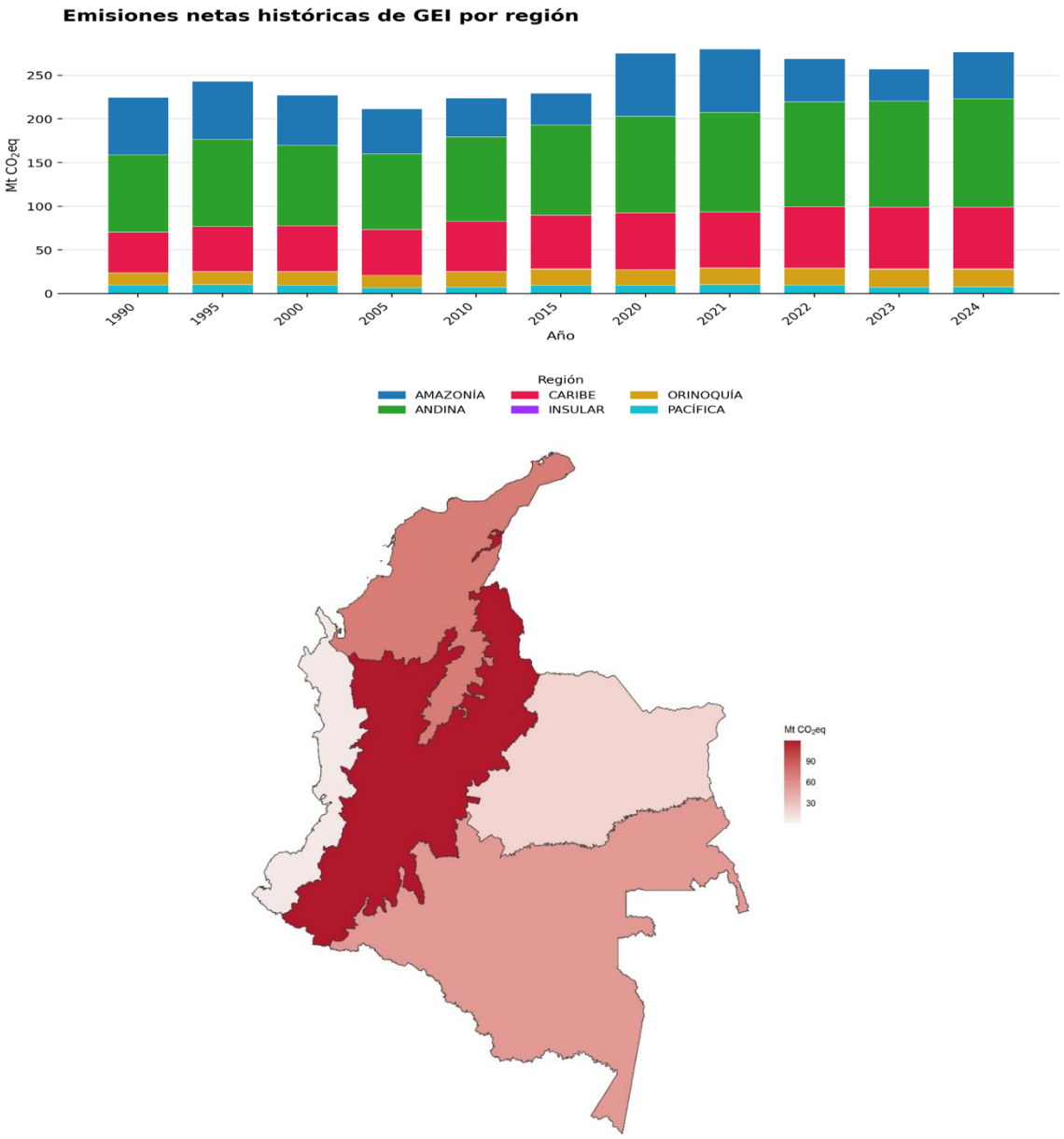


Figura 2-25. Tendencia de emisiones netas de GEI por región por tipo de bioma de Colombia (1990-2024) [Mt CO_2eq].

Fuente: Elaboración propia.

La región Andina se mantiene como la principal fuente regional de emisiones netas de GEI durante toda la serie histórica, pasando de 88,3 Mt CO_2 eq en 1990 a 123,9 Mt CO_2 eq en 2024. Este comportamiento evidencia una tendencia creciente sostenida, asociada principalmente a la concentración de actividades energéticas, industriales, agropecuarias y urbanas en esta región del país. En contraste, la región Amazonía presenta una mayor variabilidad temporal, con reducciones entre 1990 y 2015, seguidas por un incremento importante en 2020 y 2021, y una recuperación parcial en 2024 hasta alcanzar 53,7 Mt CO_2 eq.

La región Caribe presenta una tendencia creciente a lo largo de la serie, pasando de 46,5 Mt CO_2 eq en 1990 a 70,7 Mt CO_2 eq en 2024. Este incremento refleja el aumento progresivo de las emisiones asociadas a los sectores Energía, Agricultura e IPPU, así como la importancia de los centros industriales, portuarios y urbanos localizados en esta región. Por su parte, la región Orinoquía también muestra un comportamiento creciente, aunque con una contribución menor al total nacional, pasando de 13,7 Mt CO_2 eq en 1990 a 20,0 Mt CO_2 eq en 2024.

La región Pacífica presenta un comportamiento más estable y de menor magnitud frente a las demás regiones, con emisiones netas que pasan de 10,3 Mt CO_2 eq en 1990 a 7,9 Mt CO_2 eq en 2024. Esta región muestra

reducciones relevantes en algunos periodos de la serie, especialmente en 2005 y 2023, lo cual evidencia una dinámica diferenciada frente a las regiones con mayor peso energético e industrial. Finalmente, la región Insular presenta la menor contribución regional, aunque con una tendencia creciente en términos relativos, pasando de 0,096 Mt CO_2 eq en 1990 a 0,434 Mt CO_2 eq en 2024

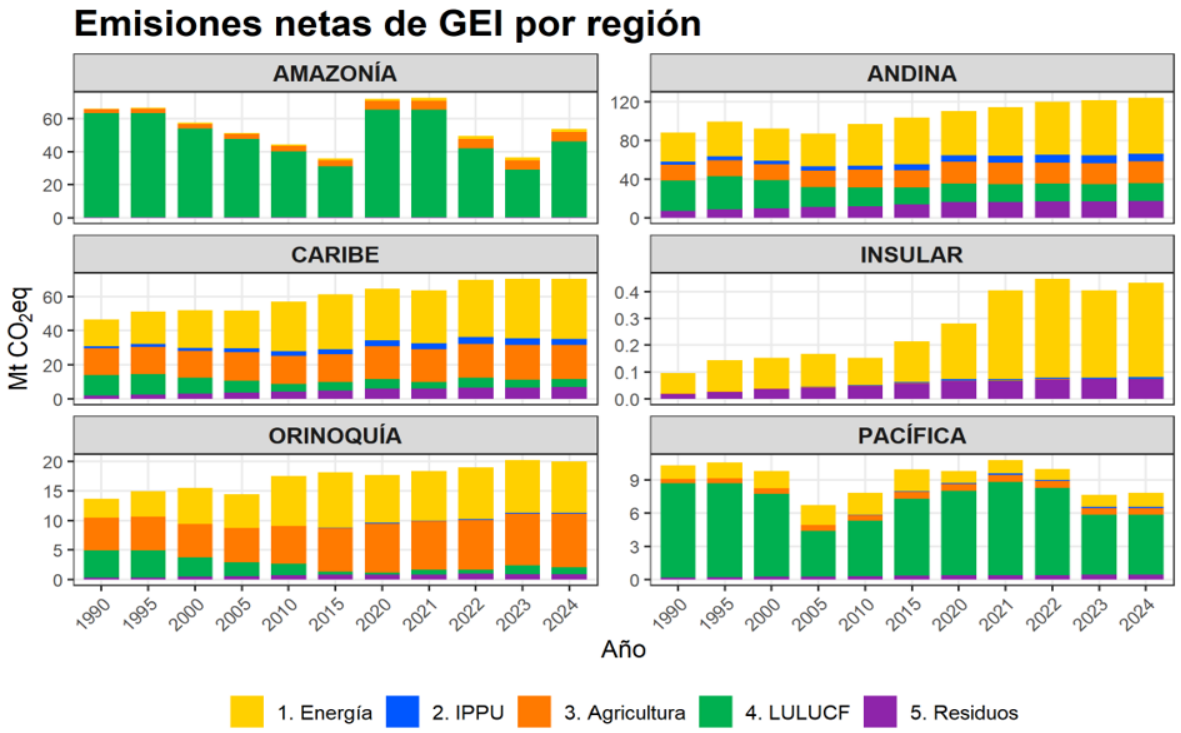


Figura 2-26. Tendencia de emisiones netas de GEI por región por tipo de bioma de Colombia y por sector IPCC (1990-2024) [Mt CO_2eq].

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la desagregación por sectores IPCC, en la figura anterior se observa que la composición de las emisiones varía entre regiones. En la Amazonía y la Pacífica, el sector LULUCF tiene una participación determinante sobre la tendencia regional, mientras que en la región Andina se evidencia una mayor diversificación sectorial, con aportes relevantes de Energía, Agricultura, IPPU y Residuos. En la región Caribe predomina el crecimiento de las emisiones asociadas a Energía y Agricultura, mientras que en la Orinoquía se resalta la participación del sector Agricultura. Esta composición sectorial permite identificar diferencias territoriales importantes en la dinámica de las emisiones netas de GEI y evidencia la necesidad de interpretar la tendencia regional de acuerdo con las actividades predominantes en cada zona del país.

La siguiente tabla resume la tendencia de las emisiones netas de GEI por región en Colombia:

Tabla 2-10. Tendencia de las emisiones netas de GEI por región por tipo de bioma (1990-2024) [Mt CO_2eq].

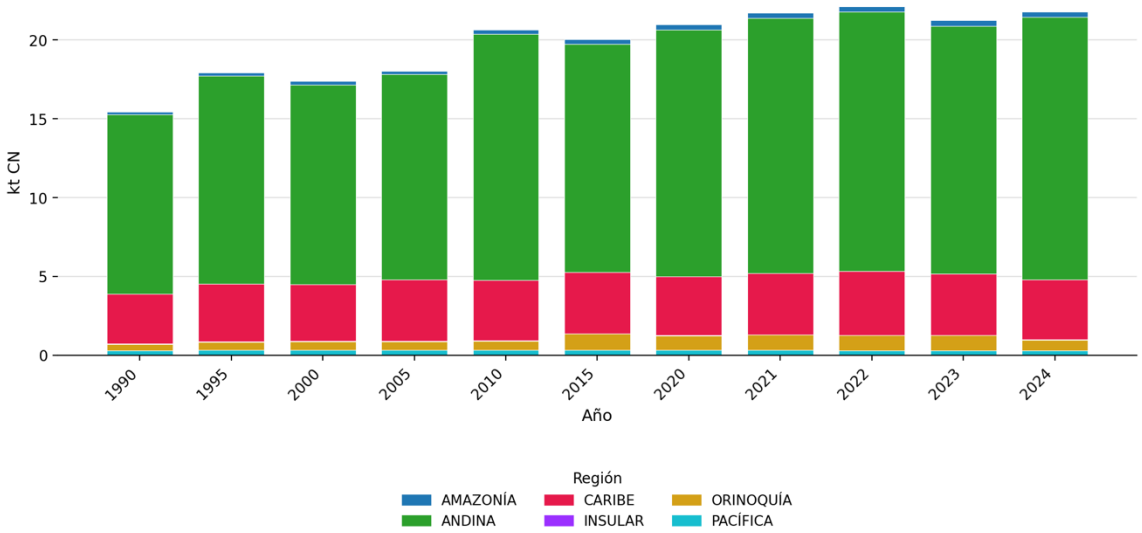
Región por tipo de bioma	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
Amazonía	66,1	66,5	57,6	51,2	44,3	36,0	72,2	72,5	49,4	36,5	53,7
Andina	88,3	99,7	92,3	87,0	96,9	103,6	110,5	114,3	120,1	121,5	123,9
Caribe	46,5	51,3	52,2	52,0	57,2	61,7	64,9	63,9	69,9	70,7	70,7
Insular	0,10	0,14	0,15	0,17	0,15	0,21	0,28	0,41	0,45	0,41	0,43
Orinoquía	13,7	15,0	15,5	14,4	17,5	18,1	17,7	18,4	19,0	20,2	20,0
Pacífica	10,3	10,6	9,84	6,75	7,83	9,94	9,80	10,8	10,0	7,68	7,87

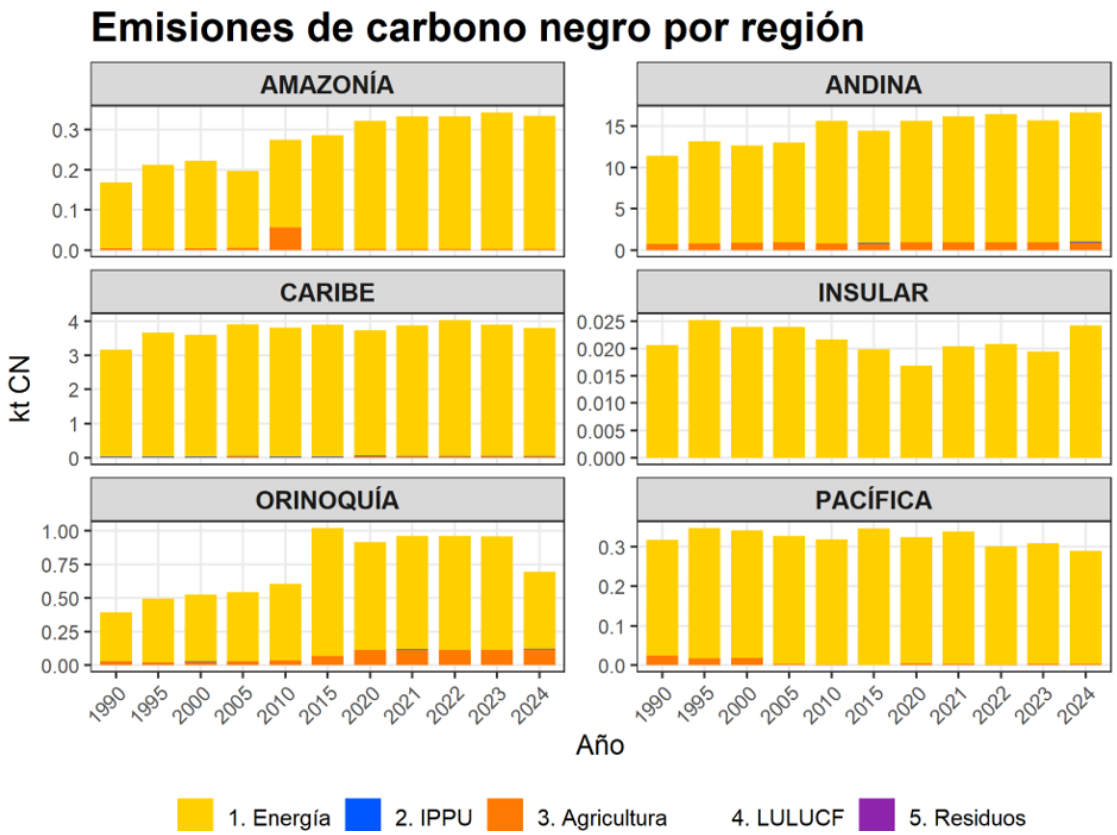
Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a las emisiones de Carbono Negro, la figura a continuación presenta la tendencia de las emisiones históricas de carbono negro por región para el periodo 1990–2024. A nivel general, las emisiones presentan una tendencia creciente durante la serie, pasando de niveles cercanos a 15 kt CN en 1990 a valores superiores a 20 kt

CN en los años recientes. Este comportamiento se encuentra explicado principalmente por la región Andina, que concentra la mayor parte de las emisiones de carbono negro del país durante todo el periodo analizado.

Emisiones históricas de carbono negro por región





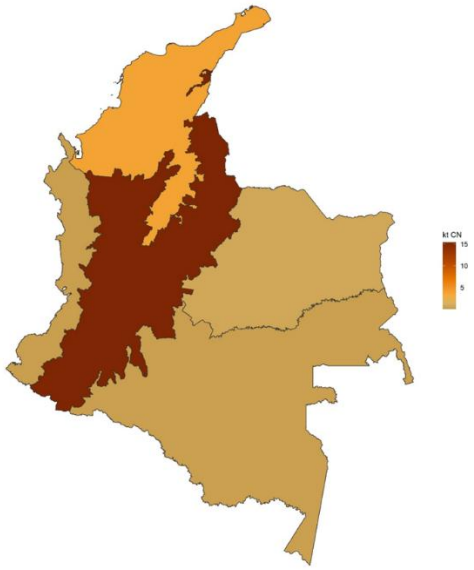


Figura 2-27. Tendencia de emisiones de CN por región por tipo de bioma de Colombia y por sector IPCC (1990-2024) [kt CN].

Fuente: Elaboración propia.

La región Andina se mantiene como la principal fuente regional de emisiones de carbono negro, pasando de 11,4 kt CN en 1990 a valores cercanos a 16 kt CN en los años recientes. Aunque presenta algunas variaciones interanuales, su participación se mantiene dominante dentro del total nacional, reflejando la concentración de actividades energéticas, transporte, industria, centros urbanos y consumo de combustibles en esta región. En términos sectoriales, las emisiones regionales están explicadas principalmente por el sector Energía, con una participación menor de Agricultura y aportes reducidos de los demás sectores IPCC.

La región Caribe es la segunda región con mayor contribución a las emisiones de carbono negro, con valores que pasan de 3,2 kt CN en 1990 a cerca de 4,0 kt CN en los años recientes. Su tendencia es relativamente estable, con un incremento moderado respecto al inicio de la serie. Esta dinámica se asocia principalmente al sector Energía, en especial por el consumo de combustibles en actividades de transporte, generación, industria y usos finales de energía, además de aportes menores del sector Agricultura.

La Orinoquía presenta un incremento relevante durante la serie, pasando de 0,4 kt CN en 1990 a valores cercanos a 1,0 kt CN entre 2015 y 2023, con una reducción visible en 2024. Este comportamiento evidencia una dinámica creciente en la región, asociada principalmente al sector Energía y, en menor medida, a la participación de Agricultura. Por su parte, la Amazonía también presenta una tendencia creciente, aunque con una contribución menor al total nacional, pasando de 0,17 kt CN en 1990 a valores superiores a 0,3 kt CN en los años recientes.

Las regiones Pacífica e Insular presentan las menores contribuciones al total nacional de emisiones de carbono negro. La región Pacífica muestra una tendencia relativamente estable, con valores cercanos a 0,3 kt CN durante la mayor parte de la serie, mientras que la región Insular registra valores inferiores a 0,03 kt CN, con ligeras variaciones interanuales. En ambos casos, la contribución nacional es reducida y se encuentra dominada principalmente por el sector Energía.

De acuerdo con la desagregación sectorial, las emisiones de carbono negro por región están ampliamente dominadas por el sector Energía, lo cual es consistente con la naturaleza de este contaminante, asociado principalmente a procesos de combustión incompleta. En todas las regiones se observa que Energía explica la mayor proporción de las emisiones, mientras que Agricultura presenta aportes secundarios en algunas regiones, especialmente Caribe, Orinoquía y Andina. Los sectores IPPU, LULUCF y Residuos presentan contribuciones menores en la tendencia regional de carbono negro, como se resume en la siguiente tabla.

Tabla 2-11. Tendencia de las emisiones de CN por región por tipo de bioma (1990-2024) [kt CN].

Región por tipo de bioma	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
Amazonia	0,17	0,21	0,22	0,2	0,28	0,29	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Andina	11,4	13,2	12,7	13,0	15,6	14,5	15,7	16,2	16,5	15,7	16,6
Caribe	3,16	3,7	3,6	3,9	3,8	3,9	3,7	3,9	4,0	3,9	3,8
Insular	0,021	0,025	0,024	0,024	0,022	0,020	0,017	0,020	0,021	0,020	0,024
Orinoquía	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6	1,02	0,9	1,0	1,0	0,96	0,7
Pacífica	0,32	0,35	0,34	0,33	0,32	0,35	0,32	0,34	0,30	0,31	0,3

Fuente: Elaboración propia.

2.2.3.2 Inventario de emisiones y absorciones atmosféricas por cartera ministerial

La siguiente figura presenta la tendencia de las emisiones netas históricas de GEI por cartera para el periodo 1990–2024.

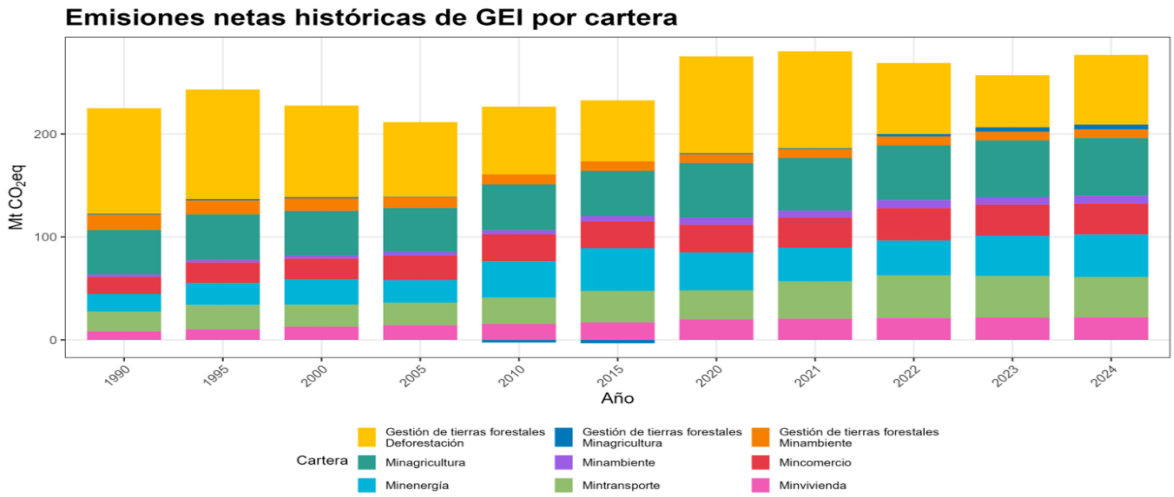


Figura 2-28. Tendencia de emisiones netas de GEI por sector cartera (1990-2024) [Mt CO_2eq].

Fuente: Elaboración propia.

A nivel general, se observa que la mayor contribución dentro de la serie corresponde a la gestión de tierras forestales asociada a deforestación, seguida por las emisiones relacionadas con Minagricultura, Minenergía, Mintransporte, Mincomercio, Minvivienda y Minambiente. Esta desagregación permite identificar la relación entre las emisiones netas y los principales ámbitos sectoriales de gestión pública, manteniendo la correspondencia con los sectores IPCC utilizados en el inventario. La siguiente tabla resume los resultados de emisiones netas de GEI por cartera ministerial en el país:

Tabla 2-12. Tendencia de emisiones netas de GEI por sector cartera (1990-2024) [Mt CO_2eq].

Sector cartera	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
Gestión de tierras forestales - Deforestación	102,4	106,5	88,9	72,4	65,7	59,3	94,0	94,1	69,0	50,5	67,7
Gestión de tierras forestales - Minagricultura	0,92	1,18	1,11	0,54	-2,55	-3,27	0,92	0,93	2,37	4,22	4,58
Gestión de tierras forestales - Minambiente	15,0	13,7	12,4	10,5	9,81	9,32	8,58	8,52	8,66	8,60	8,49
Minagricultura	43,2	44,4	43,4	42,7	44,5	43,8	53,0	51,2	53,2	54,7	55,9
Minambiente	2,47	2,32	2,85	3,15	3,97	5,22	7,05	6,85	7,80	7,55	7,80
Mincomercio	16,3	19,8	20,1	24,0	26,0	26,0	26,8	29,2	31,3	30,4	29,9

Minenergía	17,3	21,4	24,7	22,1	35,3	41,5	36,7	32,6	33,7	38,9	41,3
Mintransporte	19,0	23,6	21,3	21,8	25,5	30,7	28,2	36,2	41,5	40,5	39,0
Minvivienda	8,36	10,4	13,0	14,3	15,6	16,9	20,1	20,6	21,3	21,7	22,1

Fuente: Elaboración propia.

La gestión de tierras forestales asociada a deforestación presenta la mayor contribución durante buena parte de la serie histórica, aunque con una tendencia variable. Las emisiones pasan de 102,4 Mt CO_2 eq en 1990 a 59,3 Mt CO_2 eq en 2015, posteriormente aumentan a cerca de 94 Mt CO_2 eq en 2020 y 2021, y luego disminuyen nuevamente en 2022. Este comportamiento refleja la influencia del sector LULUCF sobre la tendencia nacional, especialmente por la sensibilidad de las emisiones netas frente a los cambios en el uso y cobertura de la tierra.

Las emisiones asociadas a Minagricultura presentan una tendencia creciente hacia el final de la serie, pasando de 43,2 Mt CO_2 eq en 1990 a más de 53 Mt CO_2 eq en 2022. Este comportamiento se relaciona principalmente con la participación del sector Agricultura, así como con las dinámicas de gestión de tierras forestales asociadas a actividades agropecuarias. En contraste, la gestión de tierras forestales asociada a Minambiente muestra una reducción progresiva, pasando de 15,0 Mt CO_2 eq en 1990 a valores cercanos a 8,5 Mt CO_2 eq en 2020 y 2021.

Minenergía presenta un incremento importante durante la serie histórica, pasando de 17,3 Mt CO_2 eq en 1990 a valores superiores a 40 Mt CO_2 eq hacia 2015 y 2024. Este comportamiento evidencia el aumento de las emisiones asociadas al sector Energía, principalmente por el consumo de combustibles fósiles en actividades de generación, transformación, transporte y uso final de energía. Por su parte, Mintransporte también presenta una tendencia creciente, pasando de 19,0 Mt CO_2 eq en 1990 a más de 41 Mt CO_2 eq en 2022, reflejando la importancia del transporte terrestre dentro de la tendencia nacional de emisiones energéticas.

Mincomercio muestra una tendencia creciente durante la serie, pasando de 16,3 Mt CO_2 eq en 1990 a más de 31 Mt CO_2 eq en 2022. Este comportamiento se asocia con las emisiones de los sectores IPPU y Energía, vinculadas a procesos industriales, uso de productos y consumo energético en actividades productivas. Minvivienda también presenta un crecimiento sostenido, pasando de 8,4 Mt CO_2 eq en 1990 a más de 21 Mt CO_2 eq en 2022, explicado principalmente por la participación del sector Residuos y por el aumento de las emisiones asociadas a la disposición de residuos sólidos y al tratamiento de aguas residuales.

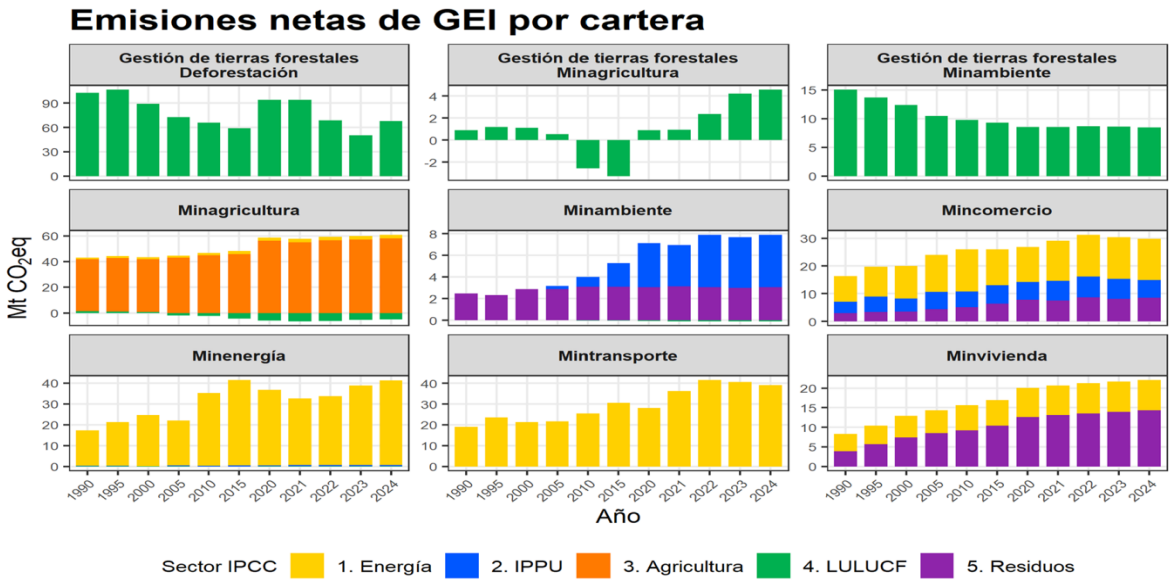


Figura 2-29. Tendencia de emisiones netas de GEI por sector cartera y sector IPCC (1990-2024) [Mt CO_2eq].

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la

Figura 2-29, las carteras presentan composiciones diferenciadas según la desagregación por sector IPCC. Las emisiones asociadas a deforestación y gestión de tierras forestales están dominadas por LULUCF; Minagricultura se relaciona principalmente con Agricultura y LULUCF; Minenergía y Mintransporte están dominadas por Energía; Mincomercio combina aportes de Energía, IPPU y Residuos; y Minvivienda se encuentra fuertemente influenciada por el sector Residuos. Esta lectura permite identificar que la tendencia de emisiones por cartera responde tanto a la evolución de las actividades sectoriales como a la forma en que se distribuyen las responsabilidades institucionales sobre las fuentes de emisión del inventario.

En cuanto a las emisiones de Carbono negro, la siguiente figura presenta la tendencia de las emisiones históricas de carbono negro por cartera para el periodo 1990–2024. A nivel general, se observa que las mayores contribuciones se concentran en Minvivienda, Mintransporte, Minenergía y Minagricultura, mientras que Mincomercio y Minambiente presentan aportes menores dentro del total nacional. Esta distribución evidencia que las emisiones de carbono negro se encuentran fuertemente relacionadas con procesos de combustión incompleta asociados al sector Energía, aunque en algunas carteras se identifican aportes secundarios de Agricultura, IPPU y Residuos.

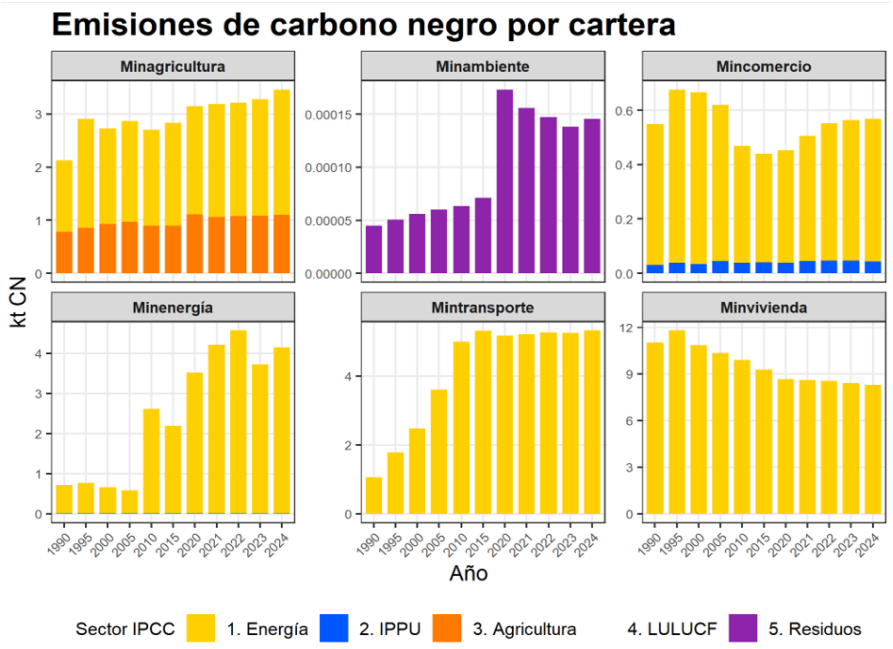


Figura 2-30. Tendencia de emisiones de CN por sector cartera (1990-2024) [kt CN].

Fuente: Elaboración propia.

La tabla a continuación resume la tendencia de las emisiones de CN por sector cartera nacional:

Tabla 2-13. Tendencia de emisiones de CN por sector cartera (1990-2024) [kt CN]

Sector cartera	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
Minagricultura	2,13	2,91	2,73	2,87	2,70	2,83	3,15	3,19	3,21	3,28	3,45
Minambiente	4E-4	5 E-4	6 E-4	6 E-4	6 E-4	7 E-4	1,7 E-3	1,6 E-3	1,5 E-3	1,4 E-3	1,5 E-3
Mincomercio	0,55	0,68	0,67	0,62	0,47	0,44	0,45	0,51	0,55	0,56	0,57
Minenergía	0,71	0,77	0,66	0,59	2,61	2,19	3,52	4,21	4,57	3,72	4,14
Mintransporte	1,06	1,79	2,48	3,61	4,99	5,32	5,18	5,21	5,26	5,25	5,33
Minvivienda	11,0	11,8	10,9	10,3	9,88	9,26	8,66	8,61	8,54	8,42	8,28

Fuente: Elaboración propia.

Minvivienda presenta la mayor contribución dentro de la serie histórica, aunque con una tendencia decreciente. Las emisiones pasan de 11,0 kt CN en 1990 a valores cercanos a 8,5 kt CN en los años recientes, lo cual evidencia una reducción progresiva frente al inicio del periodo. Este comportamiento se encuentra dominado por el sector Energía, asociado principalmente al uso de combustibles en el ámbito residencial y otros usos energéticos vinculados a la vivienda y servicios básicos.

Mintransporte presenta una tendencia creciente marcada durante la serie, pasando de 1,1 kt CN en 1990 a valores superiores a 5 kt CN desde 2015. Este incremento refleja la importancia del transporte terrestre en las emisiones de carbono negro, principalmente por el consumo de combustibles fósiles y los procesos de combustión incompleta en fuentes móviles. En los años recientes, las emisiones de esta cartera se mantienen relativamente estables, aunque en niveles considerablemente superiores a los observados al inicio de la serie.

Minenergía también presenta un incremento importante, especialmente a partir de 2010. Las emisiones pasan de 0,7 kt CN en 1990 a valores superiores a 4 kt CN en los años recientes, con un aumento marcado entre 2015 y 2022. Este comportamiento se relaciona con la participación de actividades de generación, transformación y

consumo de energía, así como con el uso de combustibles en fuentes estacionarias asociadas al sector energético.

Minagricultura muestra una tendencia creciente moderada, pasando de 2,1 kt CN en 1990 a valores superiores a 3 kt CN desde 2020. Su composición combina aportes del sector Energía y del sector Agricultura, lo que refleja la participación de combustión en actividades agropecuarias y posibles quemas asociadas a prácticas agrícolas. Por su parte, Mincomercio presenta una contribución menor y relativamente estable, con valores cercanos a 0,5–0,7 kt CN durante la serie, asociados principalmente a Energía e IPPU.

Minambiente presenta la menor contribución dentro de las carteras analizadas, con valores muy bajos en comparación con las demás. Aunque se observa un incremento relativo en los años recientes, su participación absoluta en las emisiones nacionales de carbono negro continúa siendo reducida. Esta cartera se encuentra asociada principalmente al sector Residuos, según la desagregación sectorial presentada en la figura.

De acuerdo con la desagregación por sector IPCC, el sector Energía domina la mayor parte de las emisiones de carbono negro por cartera, especialmente en Minvivienda, Mintransporte, Minenergía y Minagricultura. Esta composición es consistente con la naturaleza del carbono negro como contaminante derivado principalmente de procesos de combustión incompleta. En menor medida, se identifican aportes del sector Agricultura en Minagricultura, del sector IPPU en Mincomercio y del sector Residuos en Minambiente.

2.2.3.3 Inventario de emisiones y absorciones atmosféricas departamental

La siguiente figura presenta la tendencia de las emisiones netas históricas de GEI por departamento para el periodo 1990–2024. Para facilitar la lectura de los resultados, la gráfica agrupa los cinco departamentos con mayores emisiones acumuladas durante la serie histórica y presenta el resto de los departamentos bajo la categoría “Otros”.

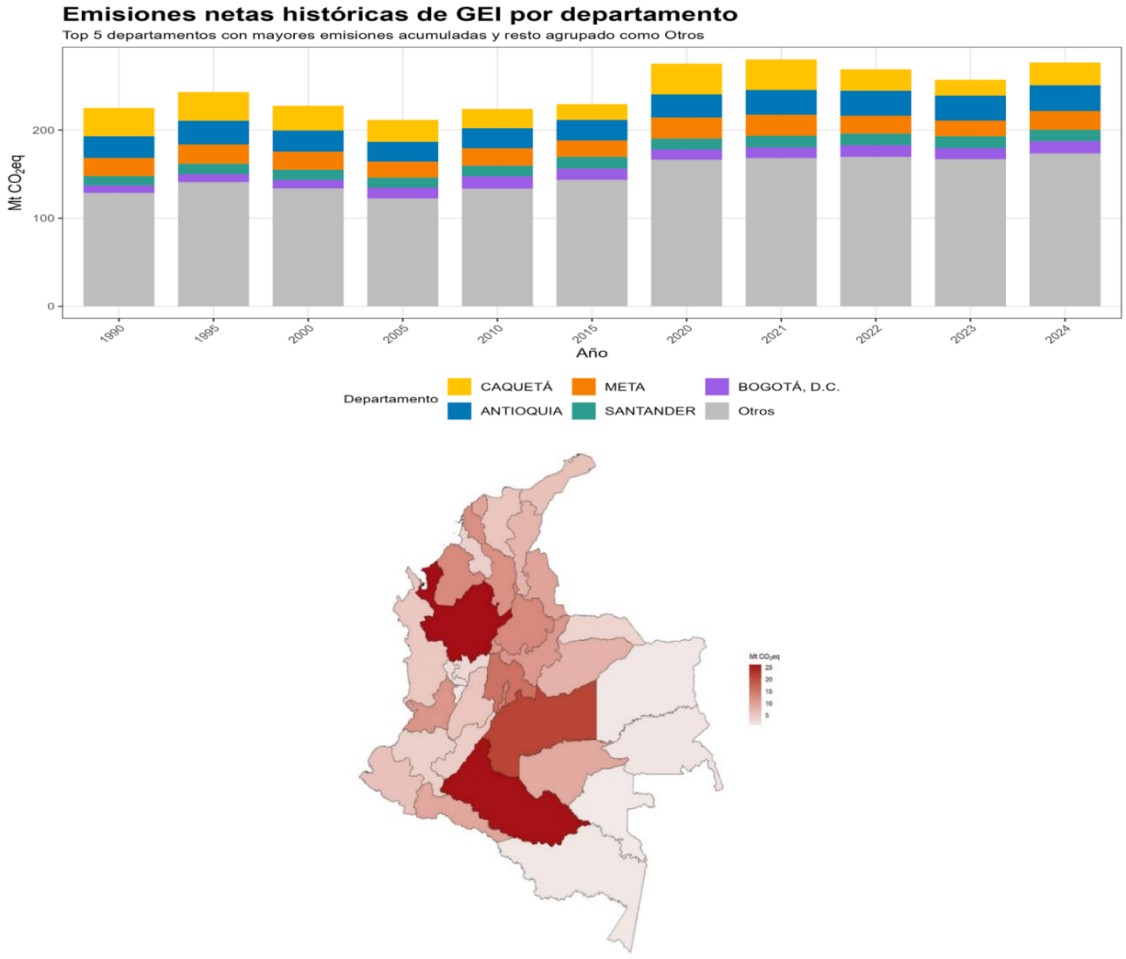


Figura 2-31. Tendencia de emisiones netas de GEI por departamento de (1990-2024) [Mt CO_2eq].

Fuente: Elaboración propia.

En términos generales, se observa que una proporción importante de las emisiones nacionales se distribuye en un conjunto amplio de departamentos, mientras que Caquetá, Antioquia, Meta, Santander y Bogotá, D.C. se mantienen como los territorios con mayor contribución acumulada dentro de la serie analizada. La siguiente figura presenta el comportamiento de las emisiones por sector IPCC en cada departamento de Colombia:

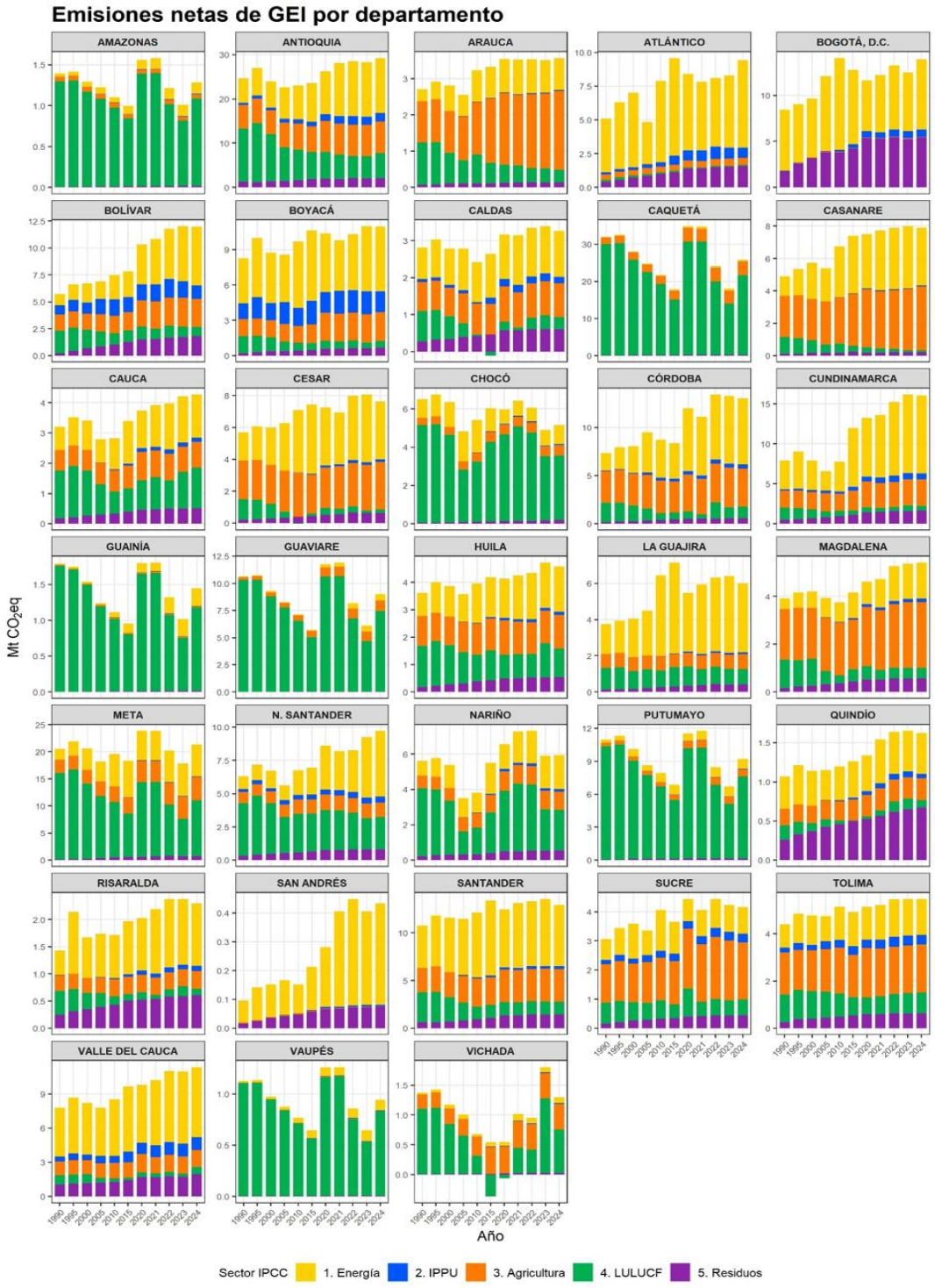


Figura 2-32. Tendencia de emisiones netas de GEI por departamento de Colombia y por sector IPCC (1990-2024) [Mt CO_2eq].

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la figura anterior, Caquetá se destaca como uno de los principales departamentos emisores dentro de la serie histórica, con una tendencia decreciente entre 1990 y 2015, seguida por un incremento marcado en 2020 y 2021, y una reducción posterior en 2022 y 2023. Este comportamiento está asociado principalmente al peso del sector LULUCF dentro de la estructura departamental de emisiones, lo cual genera una mayor variabilidad interanual frente a departamentos con una matriz de emisiones más diversificada. En el caso de Meta se observa un comportamiento similar, con una reducción progresiva hasta 2015, un aumento en 2020 y 2021, y una disminución posterior en los años más recientes.

Antioquia presenta una tendencia relativamente estable con incremento hacia el final de la serie, pasando de 24,6 Mt CO_2 eq en 1990 a valores superiores a 28 Mt CO_2 eq en 2021, 2022 y 2023. A diferencia de los departamentos con alta incidencia de LULUCF, Antioquia evidencia una composición sectorial más diversificada, con aportes relevantes de Energía, Agricultura, IPPU y Residuos, lo que explica una trayectoria menos fluctuante y más asociada a la dinámica económica, urbana e industrial del departamento.

Santander presenta un comportamiento creciente a lo largo de la serie histórica, pasando de 10,8 Mt CO_2 eq en 1990 a 13,6 Mt CO_2 eq en 2023. Este incremento se relaciona con la participación de los sectores Energía, Agricultura e IPPU dentro de la composición departamental, reflejando la importancia de las actividades productivas, agropecuarias e industriales en la dinámica de emisiones del territorio. Por su parte, Bogotá, D.C. muestra un incremento entre 1990 y 2010, seguido por una reducción en 2015 y 2020, y una recuperación posterior en 2021 y 2022. En este caso, la tendencia se encuentra principalmente asociada a las emisiones de Energía y Residuos, propias de un territorio altamente urbanizado.

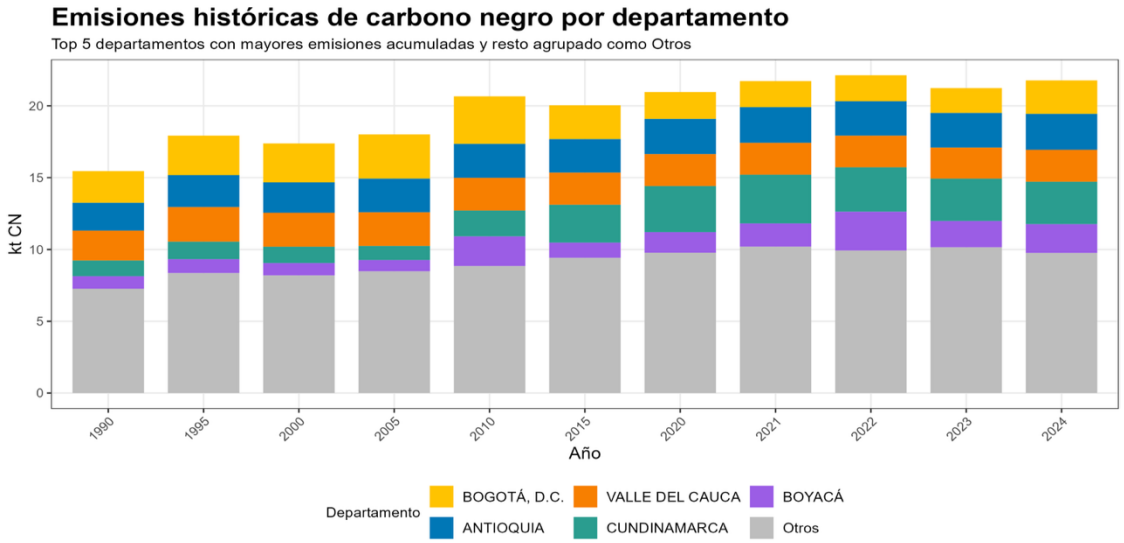
La siguiente tabla resume los resultados de las emisiones de GEI por departamento:

Tabla 2-14. Tendencia de emisiones netas de GEI por departamento de (1990-2024) [Mt CO_2eq].

Departamento	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
Caquetá	32,0	32,5	28,1	24,7	21,7	17,9	34,8	34,7	24,1	18,0	25,9
Antioquia	24,6	27,0	24,0	22,6	23,0	23,6	26,2	28,1	28,5	28,3	29,2
Meta	20,6	21,9	20,6	18,2	19,6	18,4	23,9	23,8	20,2	17,8	21,4
Santander	10,8	11,8	11,6	11,5	12,1	13,4	12,5	13,1	13,3	13,6	12,9
Bogotá DC	8,5	9,0	9,7	12,1	14,1	12,8	11,6	12,2	13,3	12,5	13,9
Otros	128,6	140,9	133,7	122,3	133,5	143,5	166,3	168,3	169,5	166,9	173,4

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a las emisiones de carbono negro, Bogotá, D.C. presenta una contribución relevante durante toda la serie, aunque con un comportamiento variable, como se evidencia en la siguiente figura:



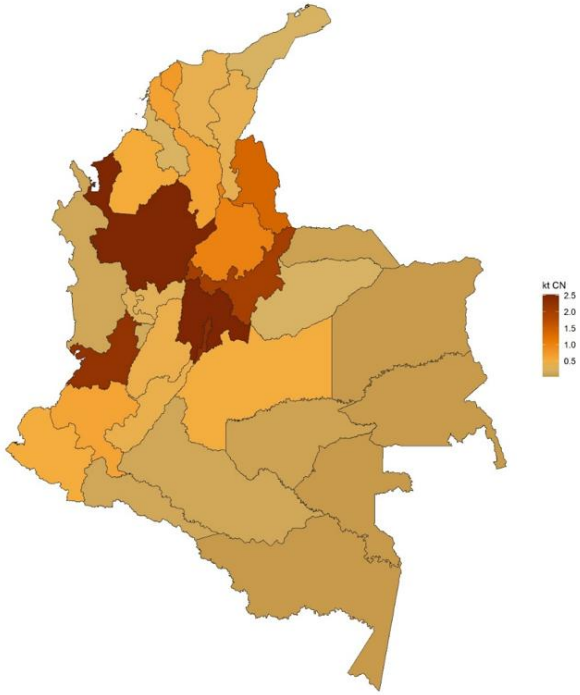


Figura 2-33. Tendencia de emisiones de CN por departamento de Colombia [Mt CO_2eq].

Fuente: Elaboración propia.

Las emisiones de la capital aumentan entre 1990 y 2010, pasando de 2,20 kt CN a 3,30 kt CN, posteriormente disminuyen entre 2015 y 2023, y presentan una recuperación en 2024 hasta alcanzar 2,33 kt CN (Ver Tabla 2-15). Este comportamiento se relaciona principalmente con la dinámica del sector Energía, asociado al consumo de combustibles en transporte, actividades urbanas y otros usos energéticos.

Antioquia presenta una tendencia levemente creciente y relativamente estable, pasando de 1,94 kt CN en 1990 a 2,50 kt CN en 2024. La trayectoria del departamento muestra variaciones moderadas, manteniéndose como uno de los principales aportantes de carbono negro durante todo el periodo. Este comportamiento refleja la importancia de las actividades energéticas, industriales, de transporte y consumo de combustibles en el departamento, con una participación predominante del sector Energía.

Valle del Cauca mantiene niveles relativamente estables durante la serie, con emisiones cercanas a 2,1–2,4 kt CN. En 1990 registró 2,09 kt CN y en 2024 alcanzó 2,23 kt CN, lo que evidencia una variación moderada frente a otros departamentos. La contribución departamental está asociada principalmente al sector Energía, aunque se observa un aporte secundario de Agricultura en algunos años, consistente con la dinámica productiva y agroindustrial del territorio.

Cundinamarca presenta uno de los incrementos más marcados entre los departamentos con mayor contribución acumulada. Sus emisiones pasan de 1,09 kt CN en 1990 a 2,96 kt CN en 2024, con un aumento importante desde 2010 y valores superiores a 3 kt CN entre 2020 y 2022. Este comportamiento evidencia una tendencia creciente asociada principalmente al sector Energía, reflejando la expansión de actividades de transporte, consumo energético y dinámicas urbanas e industriales en el departamento.

Boyacá presenta una tendencia más variable, con valores cercanos a 0,8–1,0 kt CN entre 1990 y 2005, un aumento relevante en 2010, una reducción en 2015 y un nuevo incremento hacia 2022 y 2024. En particular, las emisiones pasan de 0,88 kt CN en 1990 a 2,00 kt CN en 2024, con un pico de 2,71 kt CN en 2022. Esta variabilidad se asocia principalmente al sector Energía, posiblemente influenciada por la dinámica de combustión en actividades industriales, transporte y uso de combustibles sólidos en el territorio.

De acuerdo con la desagregación por departamento, las emisiones de carbono negro están dominadas ampliamente por el sector Energía en la mayoría de los territorios. No obstante, en algunos departamentos se identifican aportes secundarios del sector Agricultura, especialmente en territorios con presencia de quemas agrícolas o actividades agropecuarias relevantes.

En el año 2024, la distribución espacial muestra mayores emisiones en departamentos de la región Andina, particularmente Cundinamarca, Antioquia, Bogotá, D.C., Valle del Cauca y Boyacá, lo cual es consistente con la concentración de población, transporte, industria y consumo energético en esta zona del país.

Tabla 2-15. Tendencia de emisiones de CN por departamento de Colombia [Mt CO_2eq].

Departamento	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
Bogotá DC	2,20	2,75	2,72	3,08	3,30	2,34	1,87	1,81	1,81	1,72	2,33
Antioquia	1,94	2,23	2,12	2,34	2,37	2,34	2,45	2,49	2,40	2,42	2,50
Valle del cauca	2,09	2,41	2,37	2,34	2,28	2,23	2,22	2,22	2,20	2,17	2,23
Cundinamarca	1,09	1,22	1,14	0,987	1,80	2,65	3,22	3,39	3,09	2,94	2,96
Boyacá	0,877	0,966	0,861	0,784	2,07	1,05	1,43	1,62	2,71	1,84	2,00
Otros	7,27	8,36	8,19	8,48	8,84	9,42	9,77	10,2	9,92	10,1	9,75

Fuente: Elaboración propia.

2.2.3.4 Inventario de emisiones y absorciones atmosféricas municipal

La siguiente figura presenta la tendencia de las emisiones netas históricas de GEI por municipio para el periodo 1990–2024. Para facilitar la visualización de los resultados, se presentan los diez municipios con mayores emisiones acumuladas durante la serie histórica y el resto de los municipios se agrupa bajo la categoría “Otros”.

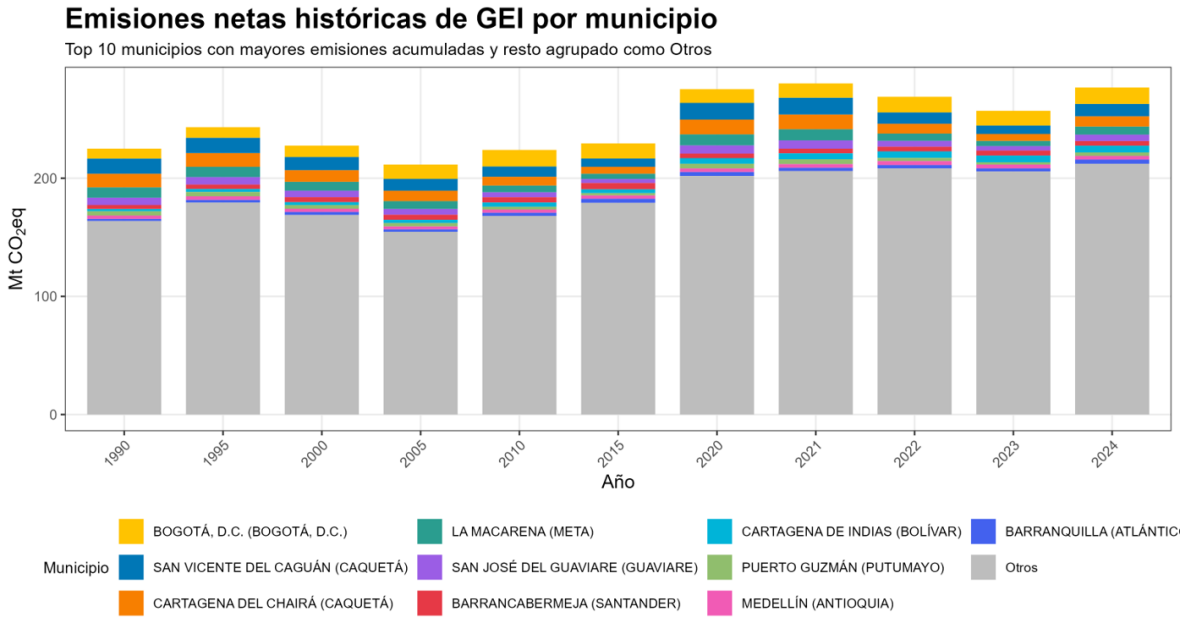


Figura 2-34. Tendencia de emisiones de CN por municipio de Colombia [Mt CO_2eq].

Fuente: Elaboración propia

2.2.3.5 Inventario de emisiones y absorciones atmosféricas por autoridad ambiental

La siguiente figura presenta la tendencia de las emisiones netas históricas de GEI por autoridad ambiental para el periodo 1990–2024. Para facilitar la lectura de los resultados, se presentan las cinco autoridades ambientales con mayores emisiones acumuladas durante la serie histórica y el resto se agrupa bajo la categoría “Otros”.

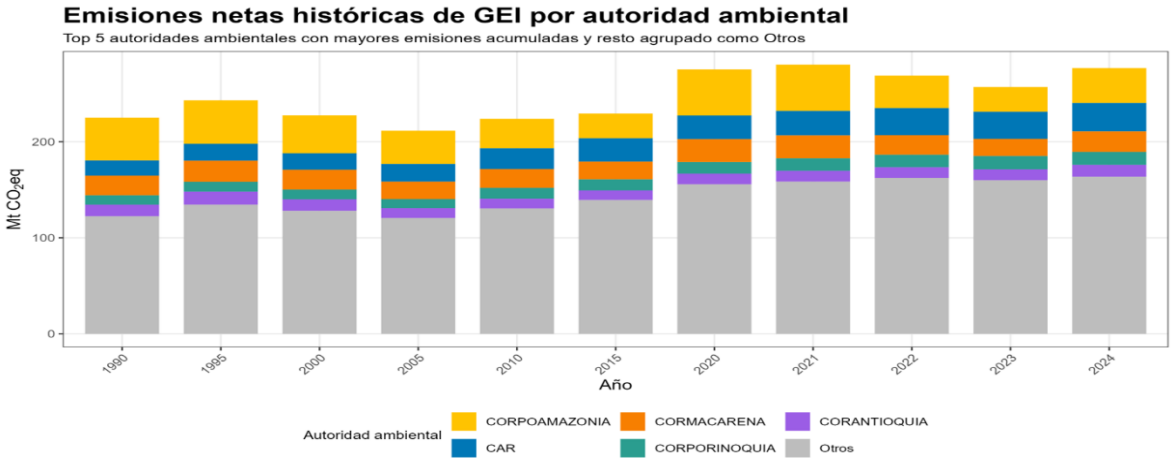


Figura 2-35. Tendencia de emisiones netas de GEI por Autoridad Ambiental de Colombia (1990-2024) [Mt CO_2eq].

Fuente: Elaboración propia.

En términos generales, se observa que CORPOAMAZONIA, CAR, CORMACARENA, CORPORINOQUIA y CORANTIOQUIA concentran una fracción relevante de las emisiones acumuladas, aunque el conjunto de las demás autoridades ambientales mantiene la mayor participación agregada dentro del total nacional, como se resume en la siguiente tabla:

Tabla 2-16. Tendencia de emisiones netas de GEI por Autoridad Ambiental de Colombia (1990-2024) [Mt CO_2eq].

Autoridad Ambiental	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
CORPOAMAZONIA	44,4	45,2	39,5	34,6	30,7	25,7	47,9	48,1	33,8	25,7	36,4
CAR	15,9	17,6	17,2	18,4	21,7	24,5	24,7	25,6	28,4	28,4	29,7
CORMACARENA	20,6	21,9	20,6	18,2	19,6	18,4	23,9	23,8	20,2	17,8	21,4
CORPORINOQUIA	9,68	10,3	10,3	9,32	11,1	11,5	12,0	12,9	13,0	13,8	13,3
CORANTIOQUIA	12,1	13,5	12,0	10,4	10,3	10,00	11,1	11,3	11,0	11,3	12,4
Otros	122,4	134,6	128,0	120,6	130,6	139,4	155,7	158,6	162,5	159,9	163,5

Fuente: Elaboración propia.

Por su parte, la figura a continuación resume el comportamiento de las emisiones por sector IPCC para cada autoridad ambiental nacional:

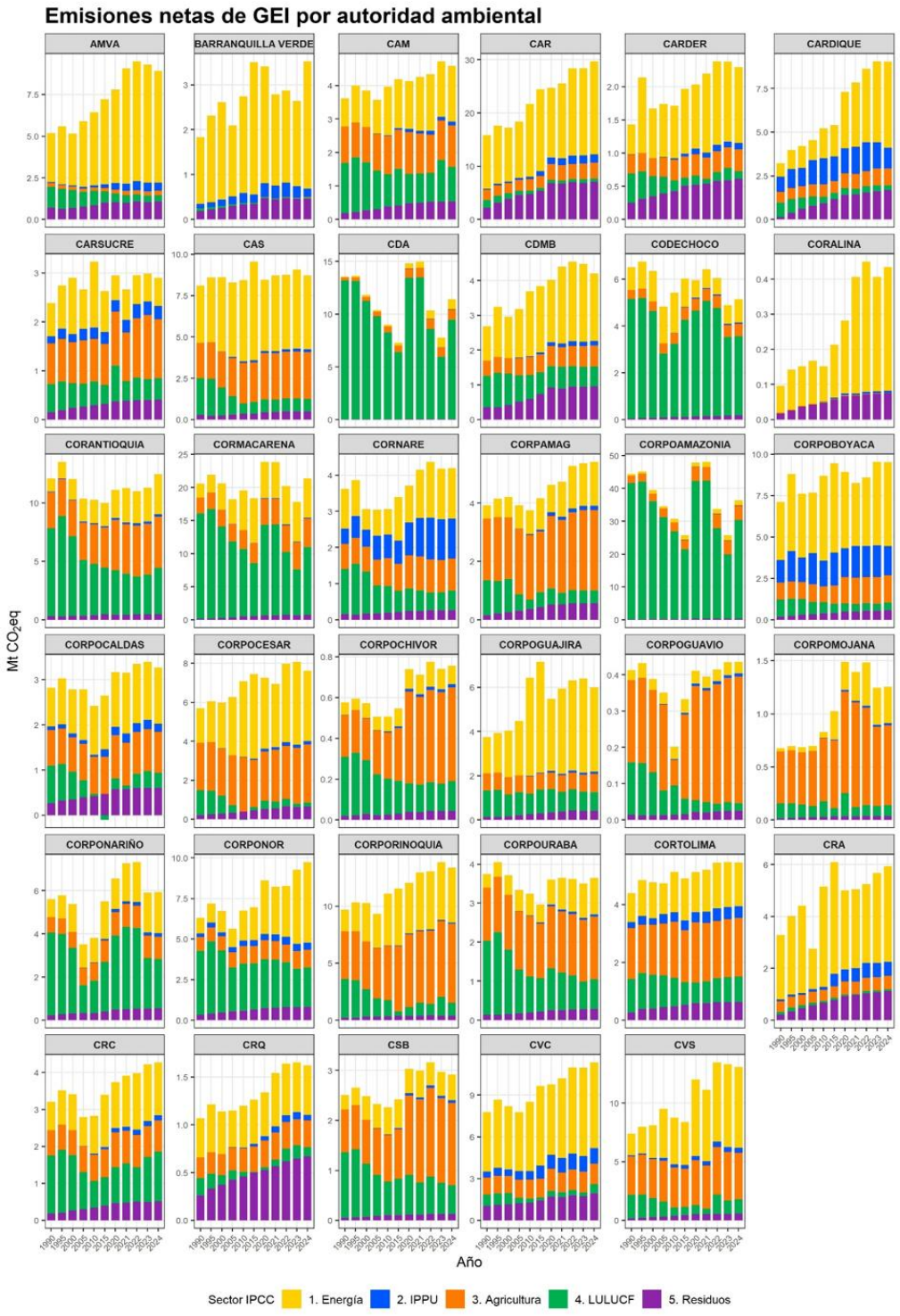


Figura 2-36. Tendencia de emisiones netas de GEI por Autoridad Ambiental de Colombia y por sector IPCC (1990-2024) [Mt CO_2eq].

Fuente: Elaboración propia.

CORPOAMAZONIA se destaca como la autoridad ambiental con mayor contribución acumulada dentro de la serie, aunque presenta una tendencia altamente variable. Las emisiones disminuyen entre 1990 y 2015, pasando de 44,4 Mt CO_2 eq a 25,7 Mt CO_2 eq, posteriormente aumentan de forma marcada en 2020 y 2021, con valores cercanos a 48 Mt CO_2 eq, y luego vuelven a reducirse en 2022 y 2023. Este comportamiento está fuertemente

asociado al peso del sector LULUCF dentro de su jurisdicción, lo que genera una mayor sensibilidad frente a los cambios en el uso y cobertura de la tierra.

La CAR presenta una tendencia creciente durante la serie histórica, pasando de 15,9 Mt CO_2 eq en 1990 a valores superiores a 28 Mt CO_2 eq en 2022 y 2023. Este comportamiento refleja la concentración de actividades urbanas, industriales, energéticas y agropecuarias en su jurisdicción, así como la importancia de los sectores Energía, Agricultura, Residuos e IPPU en la composición de sus emisiones netas.

CORMACARENA presenta un comportamiento similar al observado en departamentos y municipios con alta incidencia del sector LULUCF. Sus emisiones disminuyen entre 1990 y 2015, pasando de 20,6 Mt CO_2 eq a 18,4 Mt CO_2 eq, aumentan en 2020 y 2021, y luego se reducen nuevamente en 2022 y 2023. Este patrón evidencia la influencia de las dinámicas de cambio de uso de la tierra sobre las emisiones netas en esta jurisdicción. Por su parte, CORPORINOQUIA muestra una tendencia creciente más moderada, pasando de 9,7 Mt CO_2 eq en 1990 a 13,8 Mt CO_2 eq en 2023, con una composición asociada principalmente a actividades agropecuarias, energéticas y de uso de la tierra. CORANTIOQUIA presenta una tendencia relativamente estable, con valores cercanos a 10–13 Mt CO_2 eq durante la serie. Si bien muestra una reducción entre 1995 y 2015, posteriormente se observa una recuperación parcial en 2020 y años posteriores. Esta dinámica refleja una composición sectorial más diversificada frente a las autoridades ambientales amazónicas, con participación de Energía, Agricultura, Residuos y LULUCF.

En cuanto a las emisiones de carbono negro, la siguiente figura y la siguiente tabla presentan la tendencia de las emisiones históricas de carbono negro por autoridad ambiental para el periodo 1990–2024.

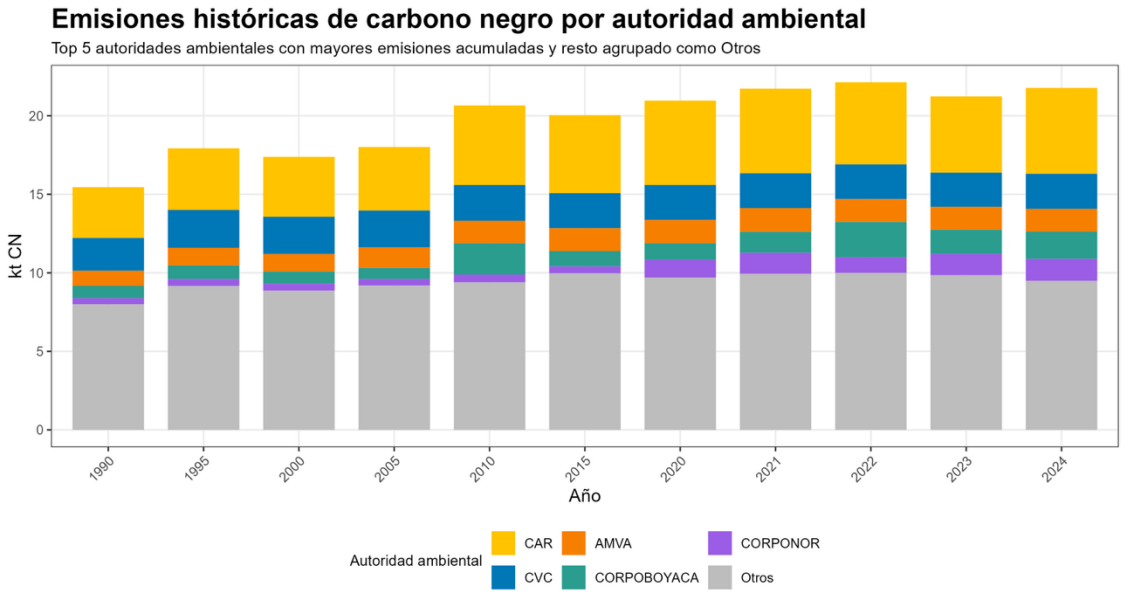


Figura 2-37. Tendencia de emisiones netas de GEI por Autoridad Ambiental de Colombia y por sector IPCC (1990-2024) [Mt CO_2eq].

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2-17. Tendencia de emisiones de CN por Autoridad Ambiental de Colombia y por sector IPCC (1990-2024) [kt CN].

Autoridad Ambiental	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
CAR	3,23	3,92	3,82	4,04	5,07	4,96	5,37	5,38	5,23	4,85	5,47
CVC	2,09	2,41	2,37	2,34	2,28	2,23	2,22	2,22	2,20	2,17	2,23
AMVA	0,960	1,12	1,12	1,32	1,43	1,46	1,49	1,51	1,47	1,46	1,45
CORPOBOYACA	0,787	0,873	0,778	0,706	1,99	0,975	1,05	1,33	2,24	1,54	1,74
CORPONOR	0,395	0,438	0,440	0,415	0,490	0,438	1,14	1,34	0,996	1,35	1,39
Otros	7,99	9,16	8,87	9,19	9,40	9,97	9,70	9,94	10,00	9,85	9,50

Fuente: Elaboración propia.

Así mismo, la figura a continuación presenta la tendencia de las emisiones de CN por sector IPCC para cada autoridad ambiental



Figura 2-38. Tendencia de emisiones de CN por Autoridad Ambiental de Colombia y por sector IPCC (1990-2024) [kt CN].

Fuente: Elaboración propia.

La CAR se mantiene como la autoridad ambiental con mayor contribución acumulada de carbono negro, con una tendencia creciente durante la serie. Sus emisiones pasan de 3,23 kt CN en 1990 a 5,47 kt CN en 2024, con valores superiores a 5 kt CN desde 2010. Este comportamiento se asocia principalmente al sector Energía, reflejando la concentración de actividades urbanas, transporte, industria y consumo de combustibles en su jurisdicción.

La CVC presenta una contribución relevante y relativamente estable, con emisiones cercanas a 2,1–2,4 kt CN durante la mayor parte de la serie. En 1990 registró 2,09 kt CN y en 2024 alcanzó 2,23 kt CN, lo cual evidencia una variación moderada. Esta trayectoria está asociada principalmente al sector Energía, con aportes secundarios de Agricultura en algunos años, consistente con la presencia de actividades urbanas, industriales y agroindustriales en el Valle del Cauca.

El AMVA presenta una tendencia creciente entre 1990 y 2021, pasando de 0,96 kt CN a 1,51 kt CN, seguida por una ligera disminución en 2022, 2023 y 2024. Este comportamiento refleja el peso de las actividades urbanas, industriales y de transporte en el Valle de Aburrá, donde el sector Energía domina la composición de las emisiones de carbono negro.

CORPOBOYACÁ muestra una tendencia altamente variable, con incrementos marcados en 2010 y 2022. Las emisiones pasan de 0,79 kt CN en 1990 a 1,74 kt CN en 2024, con un pico de 2,24 kt CN en 2022. Este comportamiento se relaciona principalmente con la dinámica del sector Energía, especialmente por el uso de combustibles en actividades industriales, transporte y posibles procesos de combustión asociados a la estructura productiva del territorio. CORPONOR presenta un incremento importante hacia los años recientes, pasando de 0,40 kt CN en 1990 a 1,39 kt CN en 2024. La serie muestra un aumento marcado desde 2020, con valores superiores a 1 kt CN en varios años recientes. Esta tendencia evidencia una mayor participación de fuentes energéticas y de combustión en la jurisdicción, principalmente asociadas al sector Energía.

De acuerdo con la desagregación por autoridad ambiental, las emisiones de carbono negro están dominadas por el sector Energía en prácticamente todas las jurisdicciones. No obstante, se observan aportes secundarios del sector Agricultura en algunas autoridades, particularmente en jurisdicciones con presencia de actividades agropecuarias o quemas agrícolas. En conjunto, la distribución por autoridad ambiental evidencia que las mayores emisiones se concentran en jurisdicciones con alta densidad urbana, actividad industrial, transporte y consumo de combustibles, mientras que las autoridades con menor actividad energética presentan contribuciones más reducidas y tendencias relativamente estables.

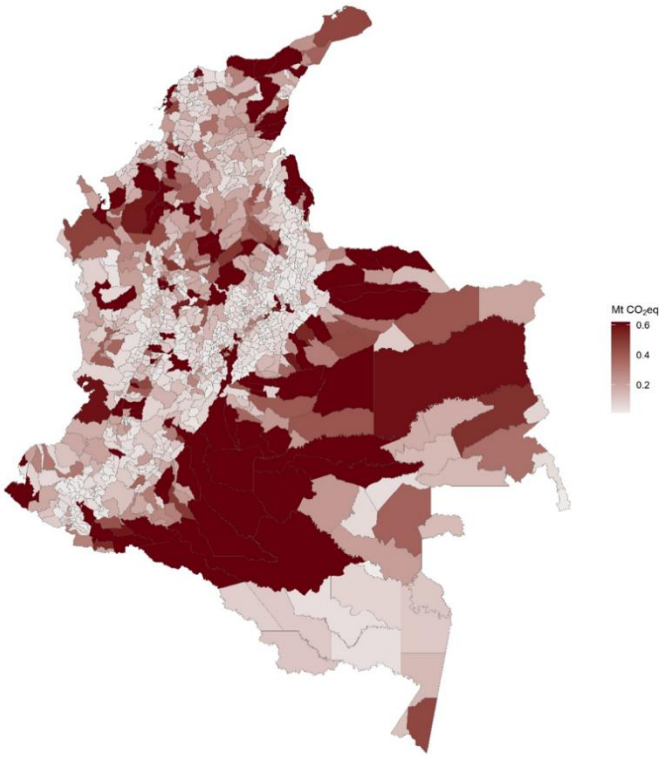


Figura 2-39. Emisiones netas de GEI por municipio de Colombia (1990-2024) [Mt CO_2eq].

Fuente: Elaboración propia.

A nivel general, se evidencia que la mayor parte de las emisiones netas nacionales se distribuye en un conjunto amplio de municipios, aunque algunos territorios concentran aportes relevantes por su dinámica urbana, energética, industrial, agropecuaria o por la incidencia del sector LULUCF.

Entre los municipios con mayor contribución acumulada se encuentran Bogotá, D.C., San Vicente del Caguán, Cartagena del Chairá, La Macarena, San José del Guaviare, Barrancabermeja, Cartagena de Indias, Puerto

Guzmán, Medellín y Barranquilla. Estos municipios reflejan dinámicas territoriales diferenciadas: por un lado, centros urbanos e industriales con alta participación de los sectores Energía, IPPU y Residuos; y por otro, municipios localizados en zonas de alta incidencia de LULUCF, donde los cambios en el uso y cobertura de la tierra tienen un efecto importante sobre la tendencia de las emisiones netas.

Bogotá, D.C. presenta una tendencia creciente entre 1990 y 2010, pasando de 8,5 Mt CO_2 eq a 14,1 Mt CO_2 eq, seguida por una reducción en 2015 y 2020, y una recuperación posterior en 2021 y 2022. Este comportamiento está asociado principalmente a la concentración poblacional, el consumo energético, el transporte y la gestión de residuos, características propias de un territorio altamente urbanizado. En contraste, municipios como San Vicente del Caguán, Cartagena del Chairá, La Macarena, San José del Guaviare y Puerto Guzmán presentan una tendencia más variable, con reducciones hasta 2015, incrementos marcados en 2020 y 2021, y descensos posteriores, reflejando la influencia del sector LULUCF sobre la dinámica municipal de emisiones netas.

Barrancabermeja presenta un comportamiento creciente entre 1990 y 2015, pasando de 3,4 Mt CO_2 eq a 5,4 Mt CO_2 eq, seguido por una reducción en 2020 y una relativa estabilidad en los años posteriores. Esta tendencia se relaciona con la importancia de las actividades energéticas e industriales dentro del municipio. Por su parte, Cartagena de Indias muestra una tendencia creciente durante la serie, pasando de 1,9 Mt CO_2 eq en 1990 a 5,5 Mt CO_2 eq en 2022, lo cual evidencia el peso de las actividades urbanas, portuarias, industriales y energéticas en la estructura local de emisiones.

El análisis municipal permite observar con mayor detalle la concentración espacial de las emisiones netas de GEI. En el año 2024, las mayores intensidades se ubican en municipios del suroriente del país, especialmente en zonas asociadas a la Amazonía y la Orinoquía, así como en algunos corredores urbanos e industriales del centro, norte y occidente del país. Esta distribución evidencia que la dinámica municipal de emisiones no responde únicamente al tamaño poblacional o económico de los territorios, sino también a la composición sectorial de las emisiones y al peso relativo de LULUCF, Energía, Agricultura, IPPU y Residuos en cada municipio.

La siguiente tabla presenta las emisiones netas de GEI por municipio en Colombia:

Tabla 2-18. Tendencia de emisiones netas de GEI por municipio de Colombia (1990-2024) [Mt CO_2eq].

Municipio	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
Bogotá, D.C. (Bogotá, D.C.)	8,5	9,0	9,7	12,1	14,1	12,8	11,6	12,2	13,3	12,5	13,9
San Vicente Del Caguán (Caquetá)	12,8	12,8	11,1	9,9	8,6	7,0	14,1	14,1	9,6	7,1	10,4
Cartagena Del Chairá (Caquetá)	11,6	11,6	9,9	8,8	7,5	5,9	12,6	12,6	8,3	5,9	8,7
La Macarena (Meta)	8,7	8,7	7,5	6,6	5,6	4,4	9,4	9,4	6,2	4,4	6,8
San José Del Guaviare (Guaviare)	6,2	6,2	5,4	4,8	4,1	3,3	6,9	7,0	4,9	3,7	5,4
Barrancabermeja (Santander)	3,4	3,8	4,3	4,3	4,5	5,4	3,8	3,9	3,9	4,2	3,9
Cartagena De Indias (Bolívar)	1,9	2,5	2,5	2,8	3,6	3,2	4,8	5,0	5,5	5,7	5,7
Puerto Guzmán (Putumayo)	3,6	3,6	3,1	2,8	2,3	1,9	3,9	4,0	2,6	1,9	2,9
Medellín (Antioquia)	2,8	3,0	2,6	2,5	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4	3,2	3,1
Barranquilla (Atlántico)	1,8	2,3	2,6	2,1	2,8	3,5	3,4	2,8	2,8	2,6	3,5
Otros	163,7	179,3	168,8	154,6	168,1	179,1	201,9	206,1	208,3	205,7	212,2

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a las emisiones de carbono negro, La siguiente figura presenta la tendencia de las emisiones históricas de carbono negro por municipio para el 2024.

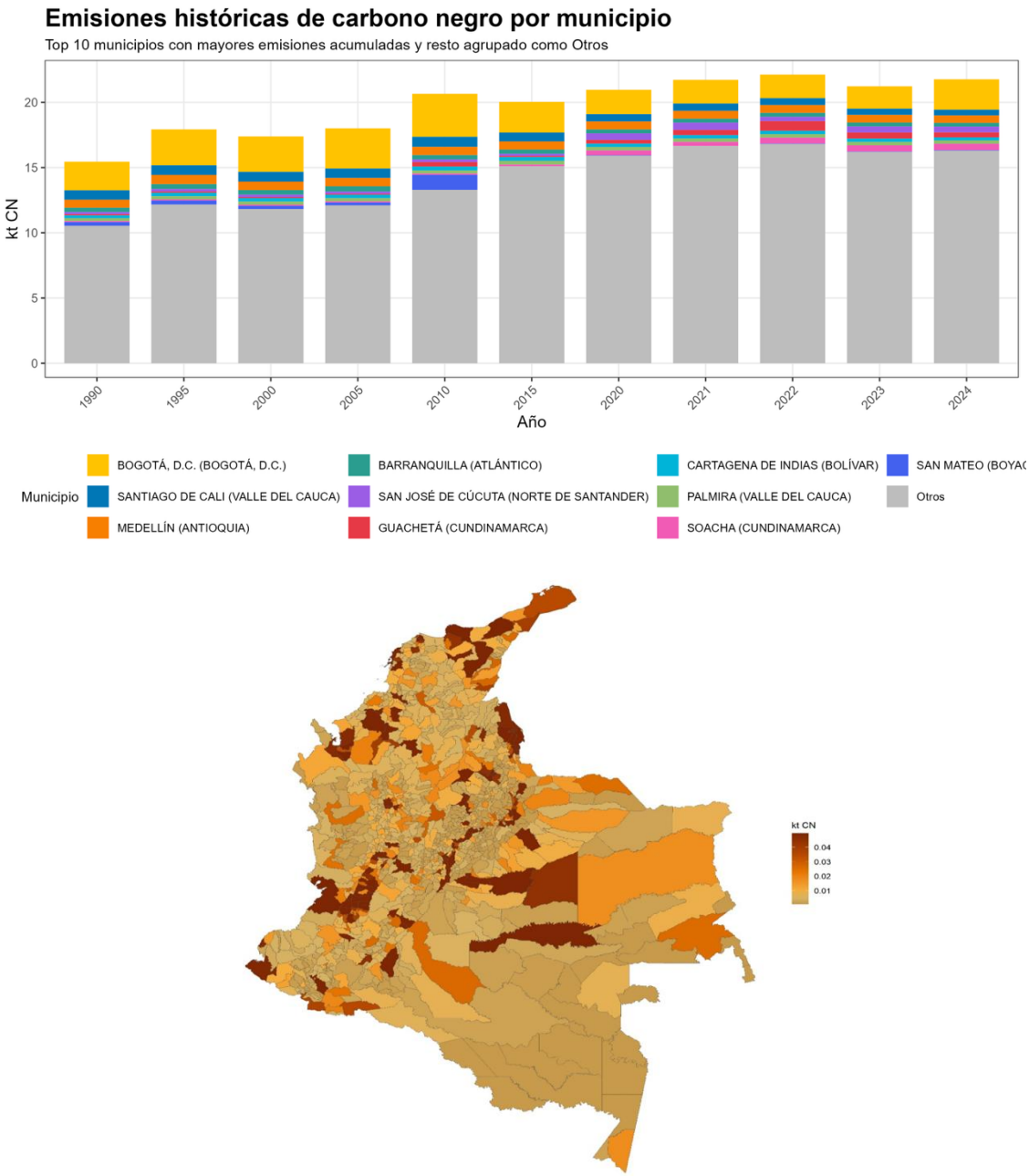


Figura 2-40. Tendencia de emisiones de CN por municipio de Colombia (1990-2024) [kt CN].

Fuente: Elaboración propia.

Además, la siguiente tabla resume los resultados de las estimaciones de CN por municipio en Colombia:

Tabla 2-19. Tendencia de emisiones de CN por municipio de Colombia (1990-2024) [kt CN].

Municipio	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
Bogotá, D.C. (Bogotá, D.C.)	2,20	2,75	2,72	3,08	3,30	2,34	1,87	1,81	1,81	1,72	2,33
Santiago De Cali (Valle Del Cauca)	0,712	0,744	0,742	0,714	0,757	0,684	0,556	0,557	0,527	0,475	0,443
Medellín (Antioquia)	0,615	0,698	0,655	0,643	0,633	0,625	0,611	0,605	0,600	0,588	0,570

Barranquilla (Atlántico)	0,334	0,374	0,349	0,410	0,336	0,327	0,307	0,305	0,305	0,300	0,286
San José De Cúcuta (Norte De Santander)	0,161	0,188	0,184	0,173	0,204	0,163	0,491	0,554	0,325	0,457	0,437
Guachetá (Cundinamarca)	0,089	0,095	0,079	0,067	0,338	0,084	0,288	0,394	0,739	0,467	0,390
Cartagena De Indias (Bolívar)	0,221	0,272	0,260	0,268	0,304	0,291	0,259	0,262	0,266	0,262	0,229
Palmira (Valle Del Cauca)	0,218	0,240	0,241	0,236	0,233	0,287	0,272	0,262	0,269	0,260	0,257
Soacha (Cundinamarca)	0,074	0,085	0,086	0,091	0,101	0,119	0,362	0,307	0,446	0,470	0,489
San Mateo (Boyacá)	0,289	0,308	0,254	0,214	1,15	0,00097	0,031	0,00088	0,032	0,028	0,040
Otros	10,5	12,2	11,8	12,1	13,3	15,1	15,9	16,7	16,8	16,2	16,3

Fuente: Elaboración propia.

Bogotá, D.C. presenta la mayor contribución municipal dentro de la serie, con un comportamiento variable. Las emisiones aumentan entre 1990 y 2010, pasando de 2,20 kt CN a 3,30 kt CN, posteriormente disminuyen entre 2015 y 2023, y presentan una recuperación en 2024. Esta tendencia se relaciona principalmente con el sector Energía, asociado al consumo de combustibles en transporte, actividades urbanas y otros usos energéticos del territorio.

Santiago de Cali presenta una tendencia relativamente estable hasta 2010, con valores cercanos a 0,7 kt CN, seguida por una reducción desde 2015 hasta 2022. Este comportamiento refleja una disminución en las emisiones asociadas principalmente al sector Energía, aunque el municipio se mantiene dentro de los principales contribuyentes acumulados por su peso urbano y poblacional. Medellín presenta una trayectoria similar, con valores cercanos a 0,6 kt CN durante la mayor parte de la serie y una reducción gradual en los años recientes.

San José de Cúcuta muestra una variación importante en los años recientes, con un incremento marcado en 2020 y 2021 frente a los niveles observados entre 1990 y 2015, seguido por una reducción en 2022. Por su parte, Guachetá presenta uno de los comportamientos más variables entre los municipios destacados, con un aumento significativo en 2010, una reducción en 2015 y nuevos incrementos entre 2020 y 2022. Este patrón puede estar asociado a la dinámica de combustión de combustibles sólidos y actividades energéticas específicas en el territorio.

Cartagena de Indias, Palmira, Soacha, Barranquilla y otros municipios urbanos e industriales presentan aportes menores en comparación con Bogotá, D.C., pero relevantes dentro del conjunto municipal. En estos casos, las emisiones se asocian principalmente al sector Energía, incluyendo transporte, consumo de combustibles, actividades industriales y usos urbanos. Barranquilla presenta una tendencia creciente hasta 2015 y luego variaciones en los años recientes, mientras que otros municipios muestran comportamientos más estables o con incrementos puntuales.

En el año 2024, la distribución espacial de las emisiones municipales de carbono negro muestra mayores intensidades en municipios localizados en la región Andina, así como en algunos centros urbanos, corredores industriales y zonas con actividades energéticas relevantes. Esta distribución evidencia que las emisiones de carbono negro tienen una fuerte relación con procesos de combustión incompleta, principalmente en el sector Energía, aunque en algunos territorios también se identifican aportes secundarios del sector Agricultura.

2.3 Descripción de la tendencia de indicadores de intensidad

Las emisiones per cápita presentan una tendencia decreciente para GEI y CN. Mientras en 1990 se emitían 6,8 t CO_2eq por persona, en 2024 se emitieron 5,3 t CO_2eq para GEI y mientras en 1990 se emitían $4{,}6E^{-04}$ t CN por persona, en 2024 se emitieron $4{,}1E^{-04}$ t CN, Esto se relaciona con el crecimiento poblacional del país, como se evidencia en las siguientes figuras:

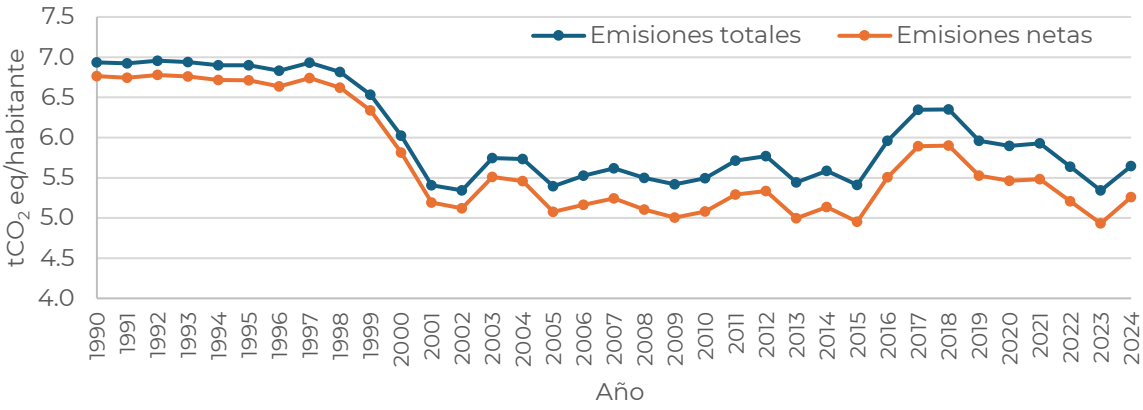


Figura 2-41. Emisiones netas de GEI per cápita [t CO_2eq/habitante].

Fuente: Elaboración propia.

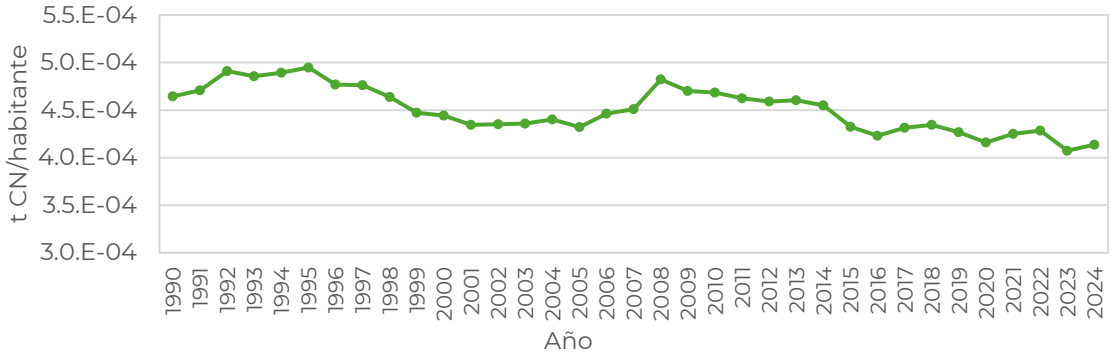


Figura 2-42. Emisiones de CN per cápita [t CN/habitante].

Fuente: Elaboración propia.

Así mismo al identificar la relación entre las emisiones y el producto interno bruto nacional, se observa una tendencia decreciente:

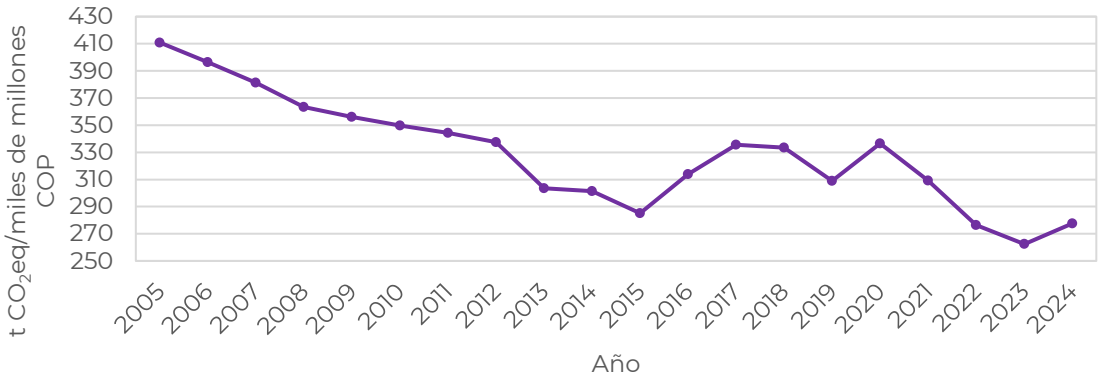


Figura 2-43. Emisiones netas de GEI por producto interno bruto [kt CO_2eq/miles de millones de COP]

Fuente: Elaboración propia.

A medida que pasan los años, el producto interno bruto nacional va aumentando, por lo tanto, el cociente de las emisiones netas vs el PIB se va reduciendo.

3 ENERGÍA (CRT 1)

AUTORES

Daniela Maria Bernal Escobar (Ideam - Fundación Natura – PNUD), Diana Carolina Avella Ostos (Ideam - Fundación Natura – PNUD), Sergio Andrés Garces Jimenez, (Ideam - Fundación Natura – PNUD), Wendi Yurani Garzón Herrera (Ideam - Fundación Natura – PNUD)

COLABORADORES

Diego Roberto Rojas Neisa (Ideam), Jesus Orlando Benavides Medina (Ideam)

AGRADECIMIENTOS

ANH: Andres Sosa, Diana Simancas, Cesar Bayona, Javier Caceres. **Aeronautica Civil:** Victoria Eugenia Rico Barrera. **CENIT:** Lina Marcela Vega Buelvas**. Ecopetrol. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible:** Carlos Duarte, María del Carmen Cabeza Alarcón, Paula Andrea Cardenas Ruiz. **Ministerio de Minas y Energia**: Leonardo Tamayo, Oscar Ivan Silva Hernández, Liseth Johanna Leal Daza, Yelmin Paola Porras Camacho, Nadia Yelena Vega Rodríguez. **Ministerio de Transporte:** Francisco Sichacá . **Naturgas. Swisscontact. RUNT. Upme:** Johanna Castellanos, Juan Francisco Martínez, Maryeni Enriquez, Manuel Peña Suárez. **XM.**

3.1 Panorama general del sector

3.1.1 Descripción del sector

En Colombia, el comportamiento del sistema energético nacional ha estado determinado por la evolución de la demanda de energía, las condiciones climáticas y la dinámica de los sectores productivos. A partir de 2022, la demanda eléctrica del Sistema Interconectado Nacional (SIN) reflejó tanto la recuperación económica posterior a la pandemia como el efecto de las condiciones climáticas asociadas al fenómeno de El Niño. La demanda promedio mensual pasó de 6.388 GWh/mes en 2022 a 6.665 GWh/mes en 2023, comportamiento asociado al aumento de la actividad económica y a mayores requerimientos de consumo por las altas temperaturas (Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), 2024). En 2024, la demanda nacional de energía alcanzó 82.084,9 GWh, con un crecimiento de 2,3 % frente a 2023; sin embargo, este crecimiento se desaceleró durante el año por el debilitamiento del fenómeno de El Niño y el cambio en las condiciones climáticas (XM, 2025).

La matriz de generación eléctrica de Colombia se ha caracterizado históricamente por una alta participación de fuentes renovables, principalmente de origen hidráulico, complementadas por fuentes térmicas y, de manera creciente, por fuentes renovables no convencionales como la energía solar y eólica. En el SIN participan tecnologías de generación hidráulica, térmica (a partir de gas natural, carbón, ACPM, entre otros), biomasa, biogás, energía solar fotovoltaica y energía eólica, lo que configura una matriz relativamente diversificada y con una importante contribución de fuentes de bajas emisiones.

Entre 2022 y 2024, la generación eléctrica del país mantuvo el predominio de las fuentes renovables, aunque se observó una reducción gradual de su participación debido a las condiciones hidrológicas asociadas al fenómeno de El Niño (XM, 2024). Mientras que las fuentes renovables representaron el 85,4 % de la generación total en 2022, su participación disminuyó a 76,9 % en 2023 y a 70,6 % en 2024, principalmente por la menor generación hidráulica. En contraste, las fuentes no renovables incrementaron su aporte para garantizar la confiabilidad del sistema, pasando de 14,6 % en 2022 a 29,4 % en 2024. A pesar de esta reducción relativa, la generación hidroeléctrica continuó siendo la principal fuente de energía del país, aportando el 65,5 % de la generación total en 2024 (XM, 2024). Asimismo, se destaca el crecimiento de las fuentes renovables no convencionales, particularmente de la energía solar, cuya generación aumentó 174,1 % entre 2023 y 2024 gracias a la entrada en operación de nuevos proyectos conectados al sistema eléctrico nacional.

Tabla 3-1. Sector Energía: Generación de energía en Colombia por fuente 2022-2024

Fuente de energía	2022		2023		2024	
	GWh	Participación	GWh	Participación	GWh	Participación
Térmica	11.222,9	14,6 %	18.624,2	23,1 %	24.455,6	29,4 %
Biomasa	771,4	1,0 %	818,0	1,0 %	864,9	1,0 %
Eólica	74,3	0,1 %	203,3	0,2 %	148,8	0,2 %
Hidráulica	64.337,3	83,7 %	59.833,3	74,2 %	54.494,5	65,4 %
Solar	502,6	0,6 %	1.205,4	1,5 %	3.303,4	4,0 %
Total	**76.908,5**	**100,0 %**	**80.684,2**	**100,0 %**	**83.267,3**	**100,0 %**

Fuente: Elaboración propia con base en XM (XM, 2024)

En cuanto a la matriz de consumo final, en 2024 predominaron los combustibles líquidos, que representaron el 44,4 % del consumo final de energía, seguidos por la energía eléctrica (18,9 %) y el gas natural y GLP (17,5 %). La biomasa mantuvo una participación relevante (13,8 %), mientras que el carbón y coque aportaron el 5,5 % restante (Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), 2025). En comparación con 2023, la estructura de consumo se mantuvo relativamente estable, sin cambios significativos en la composición de la matriz energética nacional. No obstante, se observó un aumento en la participación de la energía eléctrica, mientras que el consumo de gasolina redujo su participación y el carbón y coque perdieron relevancia dentro del consumo.

El consumo final de energía alcanzó 1.498.690 TJ en 2024, prácticamente sin variaciones frente a 2023 (0,1 %). Por tipo de energético, los mayores incrementos se registraron en la biomasa (4,8 %) y la energía eléctrica (2,8 %), mientras que el consumo de combustibles líquidos (-2,2 %) y de carbón y coque (-2,5 %) presentó reducciones. Desde una perspectiva sectorial, el transporte, la industria y el sector residencial concentraron cerca del 79 % del consumo final de energía del país, reflejando la importancia de estos sectores en la dinámica energética nacional (Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), 2025).

La evolución reciente de la demanda energética ha estado asociada al comportamiento de la economía colombiana. Entre 2023 y 2024, la demanda de energía aumentó 2,1 %, mientras que el PIB creció 1,6 %, reflejando una recuperación económica moderada. Durante los últimos años, la intensidad energética del país se ha mantenido relativamente estable alrededor de 2,2 TJ por millón de dólares de PIB.

El sector Energía comprende las emisiones de GEI, carbono negro y contaminantes criterio derivadas de las actividades de combustión de combustibles y de las emisiones fugitivas provenientes de la producción, transformación, transporte y uso de combustibles fósiles. Este sector incluye principalmente las categorías 1.A.

Actividades de quema de combustibles y 1.B. Emisiones fugitivas provenientes de combustibles. Adicionalmente, las Directrices del IPCC contemplan la categoría 1.C. Transporte y almacenamiento de dióxido de carbono; sin embargo, para la serie temporal reportada no se identificaron actividades asociadas a esta categoría en el país, por lo que no se incluyen estimaciones. Asimismo, el sector considera la categoría 1.D. Aviación internacional y navegación internacional (búnkeres internacionales) y operaciones multilaterales. De acuerdo con las Directrices del IPCC, las emisiones asociadas a esta categoría se reportan de manera informativa y no se contabilizan dentro de los totales nacionales de emisiones.

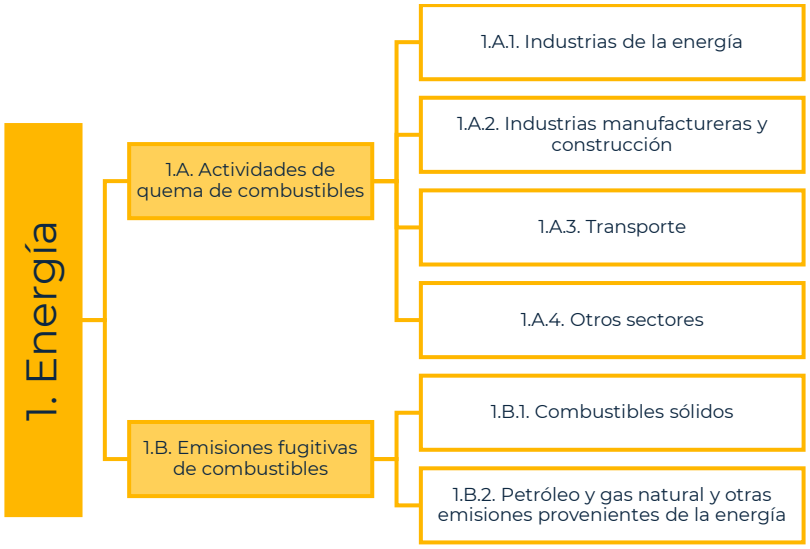


Figura 3-1. Sector Energía: Categorías estimadas en el sector Energía

3.1.2 Tendencia de las emisiones y absorciones atmosféricas del sector

El sector Energía constituye la principal fuente de emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero en Colombia con el 38,1 % de las emisiones netas por sector. A continuación, se muestran las emisiones por contaminante, categoría y subcategoría para 2024.

Tabla 3-2. Sector Energía: Emisiones por contaminante, categoría y subcategoría (kt) para 2024

Código	Categorías de fuente de GEI	CO_2 (kt CO_2eq)	CH_4 (kt CO_2eq)	N_2O (kt CO_2eq)	CN (kt)	CO (kt)	COVDM (kt)	NH_3 (kt)	NO_x (kt)	PM_{10} (kt)	$PM_{2.5}$ (kt)	SO_2 (kt)	SO_x (kt)	Total de GEI (kt CO_2eq)
1.	**Energía**	**94.067,1**	**9.857,7**	**1.381,3**	**20,6**	**2.999,5**	**631,1**	**25,1**	**373,6**	**154,8**	**142,1**	**1,0**	**445,2**	**105.306,2**
1.A.	Actividades de quema de combustible	92.735,5	1.653,3	1.367,3	20,5	2.997,0	466,0	25,1	372,9	151,7	141,6	1,0	439,8	95.756,0
1.A.1.	Industrias de la energía	29.127,7	14,6	56,3	4,0	10,2	0,9	NO	49,2	13,1	9,0	NO	336,4	29.198,6
1.A.1.a.	Producción de electricidad y calor como actividad principal	17.136,0	7,5	45,9	1,5E-02	6,2	0,5	NO	33,7	1,0	0,5	NO	316,2	17.189,5
1.A.1.b.	Refinación del petróleo	3.611,8	1,8	1,7	8,5E-03	0,6	0,2	NO	4,3	0,1	0,1	NO	2,0E-02	3.615,3
1.A.1.c.	Manufactura de combustibles sólidos y otras industrias de la energía	8.379,8	5,3	8,7	3,9	3,5	0,3	NO	11,1	12,1	8,4	NO	20,2	8.393,8
1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción	19.167,7	99,2	558,3	1,5	175,8	45,4	0,1	85,1	29,1	27,9	0,1	93,1	19.825,2
1.A.2.a.	Hierro y acero	1.109,2	0,5	3,0	0,1	6,7	0,8	1,5E-06	2,1	0,8	0,8	NO	6,2	1.112,8
1.A.2.b.	Metales no ferrosos	345,5	0,2	0,2	2,5E-04	0,2	0,1	NO	0,5	4,9E-03	4,9E-03	NO	4,4E-03	345,9
1.A.2.c.	Sustancias químicas	1.571,4	1,2	3,8	0,1	7,1	1,2	6,9E-04	3,0	0,9	0,8	NO	6,1	1.576,4
1.A.2.d.	Pulpa, papel e imprenta	2.309,3	0,9	7,6	0,1	17,2	1,9	2,9E-05	4,4	2,1	2,0	NO	16,3	2.317,8
1.A.2.e.	Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco	3.008,1	85,2	114,6	3,2E-02	76,8	32,2	0,1	16,0	16,8	16,3	NO	19,8	3.207,9
1.A.2.f.	Minerales no metálicos	4.799,7	2,6	18,0	4,9E-03	39,7	4,4	8,7E-04	9,8	5,0	4,6	NO	37,5	4.820,3
1.A.2.g.	Otros (especificar)	6.024,4	8,7	411,2	1,2	28,2	4,7	1,2E-02	49,3	3,5	3,4	0,1	7,2	6.444,2
1.A.3.	Transporte	35.176,4	274,5	568,6	4,4	2.323,0	337,4	16,5	210,0	16,2	13,9	0,8	1,6	36.019,5
1.A.3.a.	Aviación civil	4.086,3	3,9	7,6	0,1	1.268,7	20,1	NO	4,2	0,2	0,2	NO	1,1	4.097,8
1.A.3.b.	Transporte terrestre	29.727,8	269,0	552,1	4,3	1.048,8	315,4	16,5	195,9	15,7	13,5	0,6	NO	30.549,0
1.A.3.c.	Ferrocarriles	55,8	0,1	5,7	1,6E-02	0,2	8,2E-02	1,2E-04	0,9	2,6E-02	2,4E-02	4,6E-03	NO	61,5
1.A.3.d.	Navegación marítima y fluvial	281,5	0,8	2,3	8,1E-03	4,6	1,5	NO	6,9	0,2	0,2	0,2	0,1	284,6
1.A.3.e.	Otro tipo de transporte	1.025,1	0,7	0,9	3,7E-02	0,7	0,4	NO	2,1	0,1	0,1	NO	0,4	1.026,7
1.A.4.	Otros sectores	9.263,6	1.265,0	184,2	10,6	487,9	82,3	8,5	28,6	93,2	90,8	9,3E-03	8,8	10.712,7
1.A.4.a.	Comercial / Institucional	1.341,7	3,9	1,1	3,6E-02	0,9	0,6	NO	2,6	0,1	0,1	NO	0,3	1.346,7
1.A.4.b.	Residencial	5.407,4	885,0	98,5	8,2	456,9	67,7	6,8	10,3	85,1	82,9	NO	5,1	6.390,9
1.A.4.c.	Agricultura / Silvicultura / Pesca	2.514,5	376,1	84,5	2,4	30,1	14,1	1,6	15,6	8,1	7,8	9,3E-03	3,3	2.975,1
1.A.5.	Otro (no especificado en otra parte)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.A.5.a.	Estacionaria	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.A.5.b.	Móvil	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.B.	Emisiones fugitivas de combustibles	1.331,7	8.204,5	14,0	0,1	2,5	165,0	1,3E-02	0,8	3,1	0,6	NO	5,4	9.550,1
1.B.1.	Combustibles sólidos	104,0	2.319,9	NO	0,1	1,6	47,8	1,3E-02	3,2E-03	3,0	0,5	NO	2,9E-03	2.423,8
1.B.1.a.	Minería y manejo del carbón	104,0	2.319,9	NO	NO	NO	47,8	NO	NO	2,5	0,3	NO	NO	2.423,8
1.B.1.b.	Transformación de combustibles sólidos	NO	NO	NO	0,1	1,6	3,2E-03	1,3E-02	3,2E-03	0,5	0,2	NO	2,9E-03	NO
1.B.1.c.	Otros (especificar)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.B.2.	Petróleo y gas natural y otras emisiones de la producción de energía	1.227,7	5.884,6	14,0	NO	0,9	117,2	NO	0,8	0,1	4,4E-02	NO	5,4	7.126,3
1.B.2.a.	Petróleo	64,4	338,9	0,0	NO	0,9	13,1	NO	0,8	0,1	4,4E-02	NO	5,4	403,3
1.B.2.b.	Gas natural	5,7	605,8	NO	NO	NO	1,7	NO	NO	NO	NO	NO	NO	611,5
1.B.2.c.	Venteo y quemado	1.157,6	4.939,9	14,0	NO	2,8E-04	102,4	NO	1,3E-03	NO	NO	NO	1,8E-03	6.111,5
1.B.2.d.	Otros (especificar)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.C.	Transporte y almacenamiento de CO_2	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.C.1.	Transporte de CO_2	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.C.2.	Inyección y almacenamiento	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.C.3.	Otros	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO

Código	Categorías de fuente de GEI	CO_2 (kt CO_2eq)	CH_4 (kt CO_2eq)	N_2O (kt CO_2eq)	CN (kt)	CO (kt)	COVDM (kt)	NH_3 (kt)	NO_x (kt)	PM_{10} (kt)	$PM_{2.5}$ (kt)	SO_2 (kt)	SO_x (kt)	Total de GEI (kt CO_2eq)
	Elementos informativos													
1.D.1.	Combustibles internacionales	516,8	0,7	1,7	1,2E-02	121,7	2,0	NO	3,6	8,2E^{-02}	8,2E-02	0,1	0,1	519,2
1.D.1.a.	Aviación	395,2	0,4	0,7	9,7E-03	121,6	1,9	NO	0,4	2,0E^{-02}	2,0E^{-02}	NO	0,1	396,3
1.D.1.b.	Navegación	121,6	0,4	1,0	2,3E-03	0,2	0,1	NO	3,2	6,1E^{-02}	6,1E^{-02}	0,1	NO	122,9
1.D.2.	Operaciones multilaterales	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.D.3.	Emisiones de CO_2 de la biomasa	28.649,5	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	28.649,5
1.D.4.	CO_2 capturado	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.D.4.a.	Para almacenamiento nacional	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.D.4.b.	Para almacenamiento en otros países	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO

Nota: NO = no ocurre.

Fuente: Elaboración propia, con base en hoja **Table1** de los CRT.

En 2024, las emisiones sectoriales alcanzaron 105.306,2 kt CO_2eq, asociadas principalmente a la combustión de combustibles fósiles para generación de energía, transporte, actividades industriales y consumo en otros sectores económicos, así como a las emisiones fugitivas derivadas de la producción, transformación y manejo de combustibles.

Tabla 3-3. Sector Energía: Emisiones totales de GEI por categoría y subcategoría (kt CO_2eq)

Categoría	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
1.A. Actividades de quema de combustibles	**45.027,6**	**54.303,1**	**56.065,9**	**56.267,5**	**72.073,6**	**80.257,9**	**76.803,3**	**82.665,8**	**88.983,0**	**93.481,7**	**95.756,0**
1.A.1. Industrias de la energía	9.966,5	12.245,1	14.200,6	11.402,0	21.803,4	25.873,7	24.156,1	19.869,8	19.874,8	25.523,4	29.198,6
1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	9.573,6	11.464,5	12.766,7	15.097,4	17.737,1	16.674,3	16.886,2	18.996,4	19.845,1	19.710,9	19.825,2
1.A.3. Transporte	19.578,1	24.241,7	21.860,5	22.183,0	24.337,7	28.941,9	25.784,8	33.545,9	38.785,7	37.734,8	36.019,5
1.A.4. Otros sectores	5.909,3	6.351,8	7.238,1	7.585,2	8.195,4	8.768,0	9.976,2	10.253,7	10.477,5	10.512,6	10.712,7
1.A.5. Otros	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	**6.076,7**	**7.529,2**	**8.649,0**	**8.071,3**	**11.798,5**	**13.216,8**	**10.196,6**	**10.291,1**	**11.293,9**	**10.843,7**	**9.550,1**
1.B.1. Combustibles sólidos	1.555,0	1.677,5	1.537,1	2.182,5	3.091,7	3.554,8	2.900,7	3.157,2	3.812,9	3.532,4	2.423,8
1.B.2. Petróleo y gas natural y otras derivadas de la producción de energía	4.521,7	5.851,8	7.111,8	5.888,7	8.706,8	9.662,0	7.295,9	7.134,0	7.480,9	7.311,3	7.126,3
1.C. Transporte y almacenamiento de CO2	**NO**	**NO**	**NO**	**NO**	**NO**	**NO**	**NO**	**NO**	**NO**	**NO**	**NO**
1.C.1. Transporte de CO2	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.C.2. Inyección y almacenamiento	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.C.3. Otros	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.D. Aviación internacional y navegación internacional	258,7	439,1	493,3	701,5	306,0	803,3	246,5	389,4	574,4	516,0	519,2
1.D.1. Bunkers internacionales	258,7	439,1	493,3	701,5	306,0	803,3	246,5	389,4	574,4	516,0	519,2
1.D.2. Operaciones multilaterales	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.D.3. Emisiones de CO2 de biomasa	22.483,6	22.511,3	20.857,6	21.220,0	22.987,7	25.658,5	25.880,6	27.065,4	27.553,2	28.055,6	28.649,5
1.D.4. CO2 capturado	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1. Energía	**51.104,3**	**61.832,3**	**64.714,9**	**64.338,8**	**83.872,1**	**93.474,7**	**86.999,9**	**92.956,9**	**100.276,9**	**104.325,4**	**105.306,2**

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Las emisiones de 1.D. Aviación internacional y navegación internacional son informativas y no se contabilizan en el total.

Las actividades de quema de combustibles (1.A) constituyeron la principal fuente de emisiones del sector, con 95.756,0 kt CO_2eq en 2024, equivalentes al 90,9 % del total sectorial. Por su parte, las emisiones fugitivas de combustibles (1.B) aportaron 9.550,1 kt CO_2eq, correspondientes al 9,1 % restante. La predominancia de la categoría 1.A refleja la alta dependencia de combustibles fósiles en sectores como el transporte, la generación de energía y la actividad industrial. Como se observa en la Figura 3-2 entre 1990 y 2024, las emisiones del sector Energía aumentaron de 51.104,3 kt CO_2eq a 105.306,2 kt CO_2eq, lo que representa un crecimiento cercano al 106 %. Esta tendencia estuvo asociada al incremento sostenido de la demanda energética, la expansión de la actividad económica, el crecimiento del parque automotor y el aumento del consumo de combustibles en los sectores transporte, industria y generación de energía. Aunque la trayectoria de crecimiento ha sido relativamente constante, se observan variaciones asociadas a cambios en la actividad económica y en el consumo energético. En particular, durante 2020 se registró una reducción de las emisiones como consecuencia de las restricciones de movilidad y la desaceleración económica derivadas de la pandemia por COVID-19. Posteriormente, las emisiones retomaron su tendencia creciente, alcanzando en 2024 el valor más alto reportado en la serie histórica.

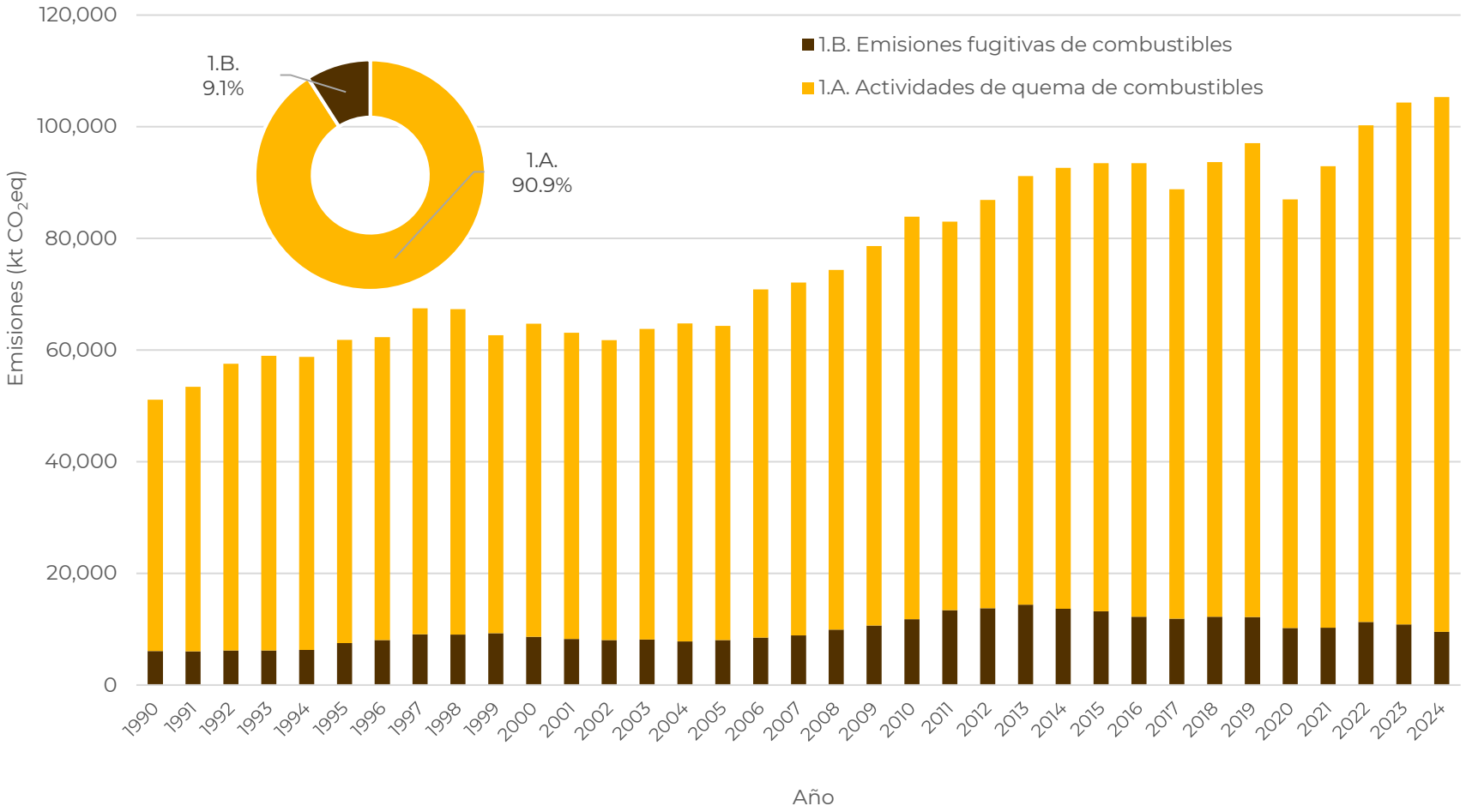


Figura 3-2. Sector Energía: Categorías estimadas en el sector Energía

Fuente: Elaboración propia

A lo largo de todo el período analizado, las actividades de quema de combustibles mantuvieron una participación superior al 85 % de las emisiones sectoriales, consolidándose como la principal fuente de GEI del sector Energía. Por su parte, las emisiones fugitivas conservaron una participación relativamente estable, asociada principalmente a las cadenas de producción y suministro de petróleo, gas natural y carbón.

Tabla 3-4. Sector Energía: Emisiones totales de GEI por categoría y subcategoría (kt CO_2 eq)

GEI	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
CO_2	43.876,7	53.235,7	55.444,3	55.260,4	71.587,7	79.758,8	75.361,9	81.129,3	87.583,8	91.912,7	94.067,1
CH_4	6.670,8	7.972,5	8.657,1	8.339,3	11.397,2	12.624,2	10.495,8	10.605,8	11.400,8	11.092,3	9.857,7
N_2O	556,8	624,1	613,5	739,1	887,3	1.091,7	1.142,2	1.221,9	1.292,3	1.320,3	1.381,3
Total	**51.104,3**	**61.832,3**	**64.714,9**	**64.338,8**	**83.872,1**	**93.474,7**	**86.999,9**	**92.956,9**	**100.276,9**	**104.325,4**	**105.306,2**

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 3-4 muestra que las emisiones del sector estuvieron dominadas por el CO_2, que representó el 89,3 % de las emisiones totales en 2024 (94.067,7 kt CO_2eq), seguido por el CH_4 con 9,4 % (9.857,7 kt CO_2eq) y el N_2O con 1,3 % (1.381,3 kt CO_2eq). Mientras que las emisiones de CO_2 se encuentran asociadas principalmente a la combustión de combustibles fósiles, el CH_4 proviene en gran medida de las emisiones fugitivas relacionadas con las actividades de petróleo, gas natural y minería de carbón (véase Figura 3-3). Por su parte, las emisiones de N_2O se originan principalmente en procesos de combustión móvil y estacionaria.

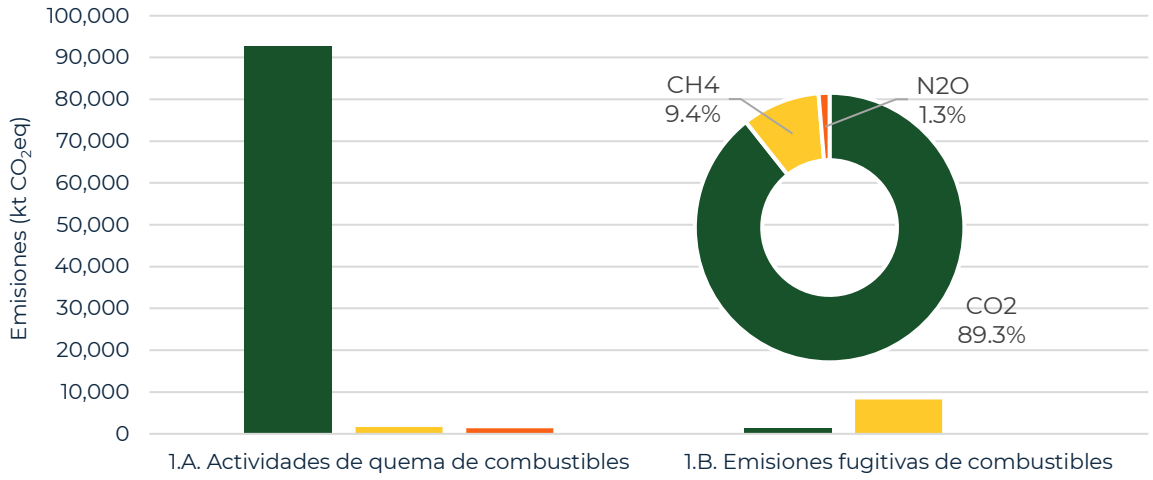


Figura 3-3. Sector Energía: Emisiones por cada GEI (kt CO_2 eq), 2024

Fuente: Elaboración propia

Las emisiones de carbono negro y contaminantes criterio del sector Energía estuvieron dominadas por el monóxido de carbono (CO), que representó 2.999,5 kt, seguido por los compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano (COVDM), con 631,1 kt; los óxidos de azufre (SOx), con 445,2 kt; los óxidos de nitrógeno (NOx), con 373,6 kt; el material particulado PM_{10}, con 154,8 kt; y el $PM_{2.5}$, con 142,1 kt. En menores magnitudes se ubicaron el amoníaco (NH_3), con 25,1 kt; el carbono negro, con 20,6 kt; y el dióxido de azufre (SO_2), con 1,0 kt, como se observa en la Tabla 3-5.

Tabla 3-5. Sector Energía: Emisiones de carbono negro y contaminantes criterio (kt)

Precursor	*1990*	*1995*	*2000*	*2005*	*2010*	*2015*	*2020*	*2021*	*2022*	*2023*	*2024*
CN	14,6	17,0	16,4	17,0	19,7	19,1	19,8	20,6	21,0	20,1	20,6
CO	1.492,2	1.975,7	2.003,5	2.082,5	2.452,2	2.786,9	2.268,9	2.655,1	3.148,5	2.986,1	2.999,5
COVDM	266,6	335,9	392,8	439,3	577,8	640,5	606,2	619,7	635,5	638,7	631,1
NH_3	24,6	28,8	24,9	21,3	20,4	21,2	21,7	26,2	28,0	27,0	25,1
NO_X	137,4	192,4	225,3	268,2	309,6	348,5	343,6	342,2	349,3	361,6	373,6

PM_{10}	141,2	152,7	145,7	146,0	157,6	153,7	150,7	155,0	157,3	154,4	154,8
$PM_{2.5}$	135,5	146,2	138,9	138,2	146,5	142,3	139,0	142,4	144,2	141,9	142,1
SO_2	1,3	1,5	1,5	1,6	1,1	2,4	1,3	1,7	1,9	1,9	1,0
SO_X	155,3	198,1	162,3	164,9	266,9	354,6	387,6	262,5	242,5	371,7	445,2

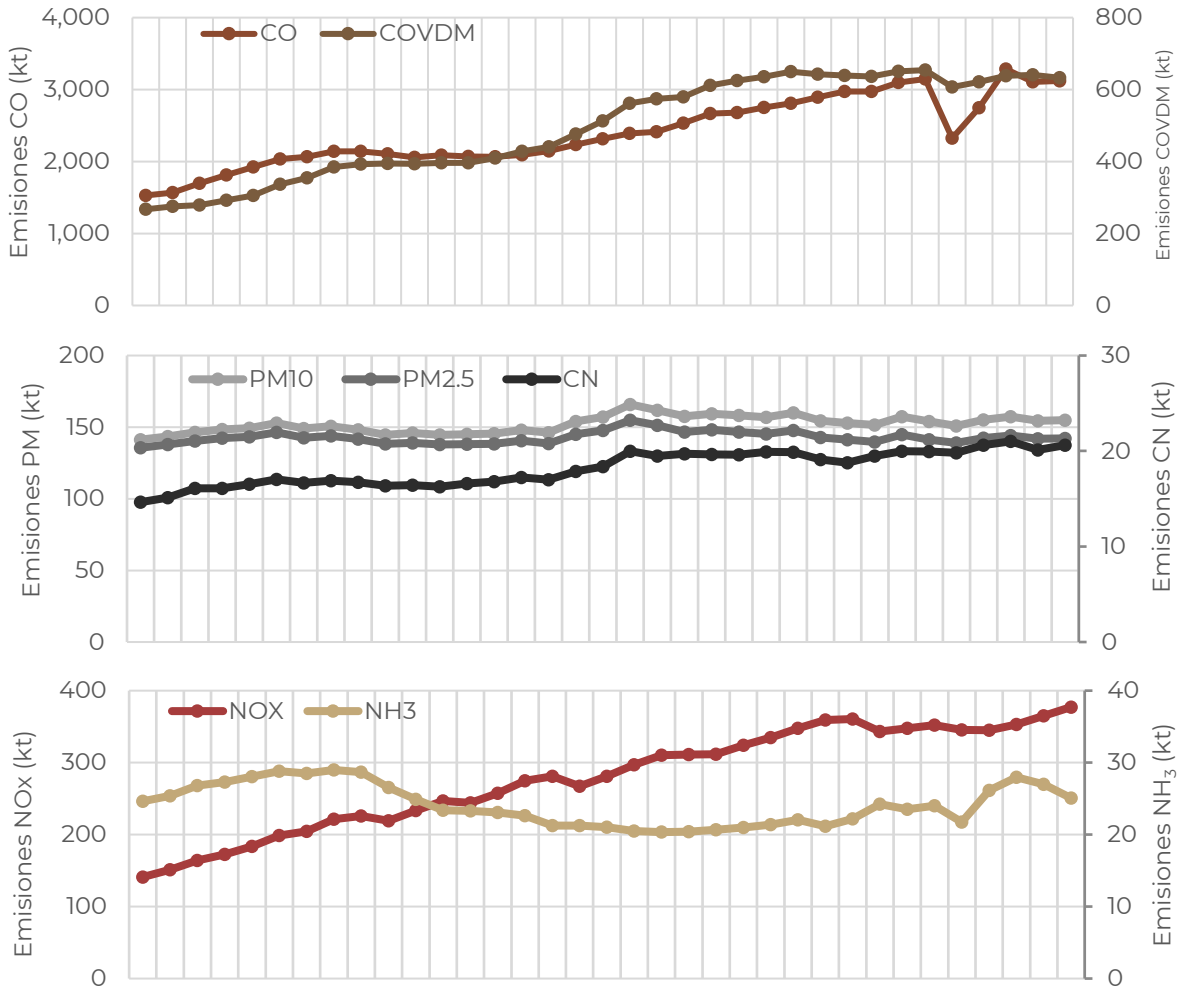
Fuente: Elaboración propia

Nota: Las emisiones de 1.D. Aviación internacional y navegación internacional no se contabilizan en esta tabla.

Las actividades de quema de combustibles (1.A) concentraron la mayor parte de estas emisiones, con 4.615,5 kt, equivalentes al 96,3 % del total reportado en 2024. Dentro de esta categoría se originó prácticamente la totalidad de las emisiones de CO, NO_x, NH_3, CN y material particulado. Por su parte, las emisiones fugitivas de combustibles (1.B) aportaron 177,6 kt, equivalentes al 3,7 % del total sectorial, con una contribución relevante en los COVDM, para los cuales representaron cerca del 26,1 % de las emisiones de este contaminante.

La evolución histórica muestra comportamientos diferenciados según el contaminante. Entre 1990 y 2024, las emisiones de CO aumentaron de 1.529,6 kt a 2.999,5 kt, aunque presentaron una reducción importante en 2020 y una posterior recuperación en los años siguientes. Los COVDM también registraron una tendencia creciente, pasando de 267,3 kt en 1990 a 631,1 kt en 2024, con niveles relativamente estables durante los últimos años. Por su parte, los NOx aumentaron de 141,1 kt a 373,6 kt en el mismo período, consolidándose como uno de los contaminantes con mayor crecimiento dentro del sector.

Las emisiones de material particulado presentaron una evolución más estable. El PM_{10} pasó de 141,3 kt en 1990 a 154,8 kt en 2024, mientras que el $PM_{2.5}$ aumentó de 135,6 kt a 142,1 kt. El carbono negro también mostró una variación moderada, al pasar de 14,6 kt en 1990 a 20,6 kt en 2024. En contraste, los SO_X registraron una mayor variabilidad interanual, con aumentos importantes en la última década y un máximo de 445,2 kt en 2024. Finalmente, el NH_3 se mantuvo en niveles relativamente bajos y estables, mientras que el SO_2 presentó valores reducidos durante toda la serie temporal.



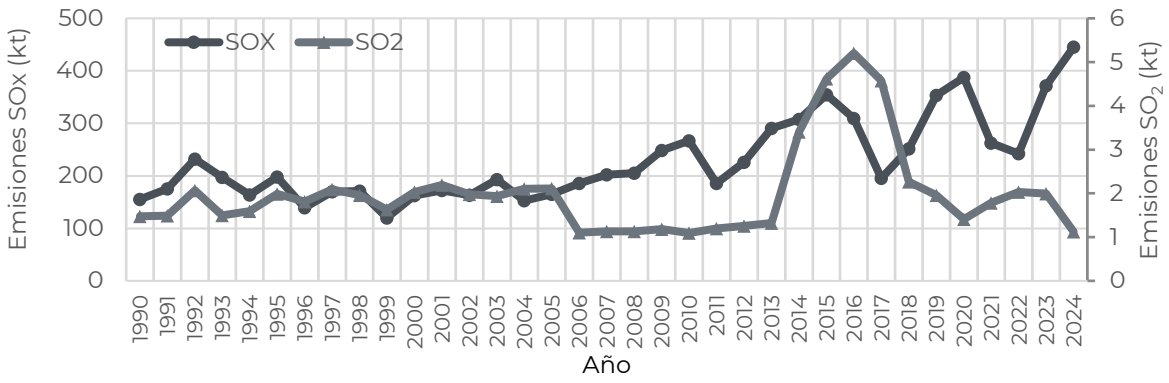


Figura 3-4. Sector Energía: Emisiones de carbono negro y contaminantes criterio (kt), 1990-2024

Fuente: Elaboración propia

3.1.3 Aspectos metodológicos generales del sector

Se siguen las Directrices del IPCC de 2006 y sus Refinamientos de 2019 para los inventarios nacionales de GEI, empleando diferentes niveles metodológicos (Tier) según la categoría, disponibilidad de información y nivel de detalle de los datos nacionales. Para contaminantes criterio y carbono negro, las estimaciones se realizaron con base en la Guía EMEP/EEA 2019.

En las actividades de quema de combustibles (1.A), las estimaciones de CO_2 se desarrollaron principalmente utilizando un enfoque Tier 2, debido a la disponibilidad de factores de emisión nacionales provenientes del estudio Factores de Emisión de los Combustibles Colombianos (FECOC), elaborado en 2016. No obstante, para algunos combustibles como carbón vegetal, coque y residuos, se utilizaron factores de emisión por defecto del IPCC debido a la ausencia de factores nacionales específicos. Para las emisiones de CH_4 y N_2O se emplearon principalmente metodologías Tier 1 utilizando factores de emisión por defecto de las Directrices del IPCC. En la categoría de emisiones fugitivas de combustibles (1.B), las estimaciones se realizaron de acuerdo con la disponibilidad de información y las particularidades metodológicas de cada subsector. Para combustibles sólidos (1.B.1), las emisiones de CH_4 asociadas a la minería de carbón se estimaron empleando factores de emisión Tier 2, construidos a partir de información nacional y diferenciados según las características de la actividad minera. Para las emisiones de CO_2 y N_2O, así como para aquellas subcategorías en las que no se contó con información específica suficiente, se aplicaron metodologías Tier 1. Para petróleo y gas natural (1.B.2), se implementaron mejoras metodológicas con base en el Refinamiento 2019 de las Directrices del IPCC de 2006. En particular, se incorporaron factores de emisión nacionales para el segmento upstream, especialmente para las emisiones asociadas a fugas y quema en tea, lo que permite representar con mayor detalle las condiciones operativas del país frente a ciclos anteriores de reporte.

Para contaminantes criterio y carbono negro, la mayoría de las estimaciones correspondientes a las categorías 1.A.1, 1.A.2 y 1.A.4 se realizaron utilizando metodologías Tier 1. Sin embargo, las categorías relacionadas con maquinaria todoterreno se estimaron mediante metodologías Tier 3, debido a la disponibilidad de información detallada sobre inventarios nacionales de maquinaria pesada. En el caso del transporte terrestre, la mayoría de los contaminantes fueron estimados mediante metodologías Tier 2, mientras que para las demás modalidades de transporte se emplearon metodologías Tier 1. Para las emisiones fugitivas (1.B), las estimaciones de contaminantes criterio y carbono negro se realizaron utilizando metodologías Tier 1. Asimismo, en el presente inventario se incluyó la estimación de NH_3 para las categorías donde se consideró relevante su cuantificación.

Los principales datos de actividad utilizados en el sector provienen del Balance Energético Colombiano (BECO), desarrollado anualmente por la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME), el cual constituye el principal instrumento para caracterizar la matriz energética nacional y consolidar información sobre producción, transformación, importación, exportación, almacenamiento y consumo de energía. Adicionalmente, se empleó información de XM para las estimaciones relacionadas con generación eléctrica, del Sistema Único de Información de Servicios Públicos Domiciliarios (SUI) para consumos de combustibles en Zonas No Interconectadas (ZNI), así como información del DANE para completar series temporales mediante variables proxy como el Producto Interno Bruto (PIB).

Los factores de emisión utilizados para GEI corresponden tanto a factores nacionales desarrollados en el estudio FECOC como a factores por defecto de las Directrices del IPCC. Para carbono negro y contaminantes criterio se emplearon factores de emisión de la Guía EMEP/EEA 2019. Generalmente, los datos de actividad utilizados para la estimación de GEI corresponden a los mismos insumos empleados para contaminantes criterio y carbono negro.

De acuerdo con las Directrices del IPCC, las emisiones de CO_2 derivadas de la combustión de biomasa y biocombustibles no se incluyen dentro de los totales nacionales de GEI del sector Energía, dado que se contabilizan en el sector LULUCF mediante los cambios en las existencias de carbono. No obstante, estas emisiones se estiman y reportan como información complementaria. Las emisiones de CH_4, N_2O, carbono negro y contaminantes criterio asociadas al uso energético de biomasa sí se incluyen dentro de las categorías correspondientes del sector Energía.

Asimismo, las emisiones correspondientes a la categoría 1.D. Aviación internacional y navegación internacional (búnkeres internacionales) se estiman y reportan de manera informativa, de conformidad con las Directrices del IPCC. Estas emisiones no se incluyen dentro de los totales nacionales del sector Energía ni del inventario nacional, pero se presentan como información complementaria debido a su relevancia para las actividades de transporte internacional.

La selección de los niveles metodológicos aplicados en cada categoría se realizó considerando la importancia relativa de las fuentes de emisión, la disponibilidad de información nacional y la existencia de factores de emisión específicos para Colombia, siguiendo los árboles de decisión y criterios de buenas prácticas establecidos por las Directrices del IPCC. En aquellos casos donde no fue posible aplicar metodologías de nivel superior debido a limitaciones de información o disponibilidad de factores nacionales, se utilizaron metodologías Tier 1 con factores de emisión por defecto internacionalmente aceptados.

La Tabla 3-6 presenta un resumen de los niveles metodológicos utilizados para la estimación de GEI, carbono negro (CN) y contaminantes criterio en las diferentes subcategorías del sector Energía. Para una descripción detallada se recomienda consultar las respectivas secciones a nivel de subcategoría.

Tabla 3-6. Sector Energía: Niveles metodológicos

Categoría	Subcategoría	GEI - contaminante	Nivel (Tier)
1.A.1. Industrias de la energía	1.A.1.a. Producción de electricidad pública y calor como actividad principal	CN, CO, COVDM, NO_x, PM_{10}, $PM_{2.5}$, SO_x	1
		CH_4, N_2O	1
		CO_2	2
	1.A.1.b. Refinación del petróleo	CN, CO, COVDM, NO_x, PM_{10}, $PM_{2.5}$, SO_x	1
		CH_4, N_2O	1
		CO_2	2
	1.A.1.c.i. Manufactura de combustibles sólidos	CN, CO, COVDM, NO_x, PM_{10}, $PM_{2.5}$, SO_x	1
		CH_4, CO_2	1
	1.A.1.c.ii. Extracción de petróleo y gas	CN, CO, COVDM, NO_x, PM_{10}, $PM_{2.5}$, SO_x	1
		CH_4, N_2O	1
		CO_2	2
	1.A.1.c.iii. Otras industrias de la energía	CN, CO, COVDM, NO_x, PM_{10}, $PM_{2.5}$, SO_x	1
		CH_4, N_2O	1
		CO_2	2
1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.a. Hierro y acero	CN, CO, COVDM, NH_3, NO_x, PM_{10}, $PM_{2.5}$, SO_x	1
		CH_4, N_2O	1
		CO_2	1, 2
	1.A.2.b. Metales no férreos	CN, CO, COVDM, NO_x, PM_{10}, $PM_{2.5}$, SO_x	1
		CH_4, N_2O	1
		CO_2	2
	1.A.2.c. Productos químicos	CN, CO, COVDM, NH_3, NO_x, PM_{10}, $PM_{2.5}$, SO_x	1
		CH_4, N_2O	1
		CO_2	1, 2
	1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta	CN, CO, COVDM, NH_3, NO_x, PM_{10}, $PM_{2.5}$, SO_x	1
		CH_4, N_2O	1
		CO_2	1, 2
	1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco	CN, CO, COVDM, NH_3, NO_x, PM_{10}, $PM_{2.5}$, SO_x	1
		CH_4, N_2O	1
		CO_2	1, 2
	1.A.2.f. Minerales no metálicos	CO, COVDM, NO_x, PM_{10}, $PM_{2.5}$	1
		CH_4, N_2O	1
		CO_2	1, 2
	1.A.2.g. Otros	CN, CO, COVDM, NH_3, NO_x, PM_{10}, $PM_{2.5}$, SO_x	1
		CH_4, N_2O	1
		CO_2	1, 2
	1.A.2.g.vii. Vehículos todoterreno y otra maquinaria	CN, CO, COVDM, NH_3, NO_x, PM_{10}, $PM_{2.5}$	1
		CH_4, N_2O	1
		CO_2	2
1.A.3. Transporte	1.A.3.a. Aviación doméstica	CN, CO, COVDM, NO_x, SO_x, PM_{10}, $PM_{2.5}$	1
		CH_4, N_2O	1
		CO_2	2
	1.A.3.b. Transporte terrestre	CN, CO, COVDM, NH_3, NO_x, PM_{10}, $PM_{2.5}$, SO_2	1

Categoría	Subcategoría	GEI - contaminante	Nivel (Tier)
		CH_4, N_2O	1
		CO_2	2
	1.A.3.b.v.1. Emisiones por evaporación procedentes de vehículos	COVDM	1
	1.A.3.b.v.2. Desgaste de neumáticos y frenos	CN, PM_{10}, $PM_{2.5}$	1
	1.A.3.b.v.3. Desgaste de vías	PM_{10}, $PM_{2.5}$	1
	1.A.3.c. Ferrocarriles	CN, CO, COVDM, NH_3, NO_x, PM_{10}, $PM_{2.5}$, SO_2	1
		CH_4, N_2O	1
		CO_2	2
	1.A.3.d. Navegación doméstica	CN, CO, COVDM, NO_x, PM_{10}, $PM_{2.5}$, SO_2, SO_x	1
		CH_4, N_2O	1
		CO_2	2
	1.A.3.e.i. Transporte por tubería	CN, CO, COVDM, NO_x, PM_{10}, $PM_{2.5}$, SO_x	1
		CH_4, N_2O	1
		CO_2	2
1.A.4. Otros sectores	1.A.4.a.i. Comercial/institucional - Estacionaria	CN, CO, COVDM, NO_x, PM_{10}, $PM_{2.5}$, SO_x	1
		CH_4, N_2O	1
		CO_2	2
	1.A.4.b.i. Residencial - Estacionaria	CN, CO, COVDM, NH_3, NO_x, PM_{10}, $PM_{2.5}$, SO_x	1
		CH_4, N_2O, CO_2	1
		CO_2 (combustibles fósiles)	2
	1.A.4.c.i. Agricultura/silvicultura/pesca - Estacionario	CN, CO, COVDM, NH_3, NO_x, PM_{10}, $PM_{2.5}$, SO_x	1
		CH_4, N_2O	1
		CO_2	2
	1.A.4.c.ii. Agricultura/silvicultura/pesca - Móviles	CN, CO, COVDM, NH_3, NO_x, PM_{10}, $PM_{2.5}$	1
		CH_4, N_2O	1
		CO_2	2
1.B.1. Combustibles sólidos	1.B.1.a.i. Minas subterráneas	COVDM, PM_{10}, $PM_{2.5}$	1
		CO_2	1
		CH_4	2
	1.B.1.a.ii. Minas de superficie	COVDM, PM_{10}, $PM_{2.5}$	1
		CO_2	1
		CH_4	2
	1.B.1.b.i. Producción de carbón vegetal y biocarbón	CN, CO, COVDM, NH_3, NO_x, PM_{10}, $PM_{2.5}$, SO_x	1
1.B.2. Petróleo y gas natural	1.B.2.a.ii. Producción y modernización de petróleo	CH_4, CO_2	2,3
		COVDM	1
	1.B.2.a.iii. Transporte	CH_4, CO_2, COVDM	1
	1.B.2.a.iv. Refinamiento y almacenamiento	CH_4, CO_2, COVDM	1
		CO, CN, NO_x, PM_{10}, $PM_{2.5}$, SO_x	1
	1.B.2.b.ii. Producción y recolección de gas	CH_4, CO_2	2, 3
		COVDM	1
	1.B.2.b.iii. Procesamiento	CH_4, CO_2	2, 3
		COVDM	1
	1.B.2.b.iv. Transmisión y almacenamiento	CH_4, CO_2, COVDM	1
	1.B.2.b.v. Distribución	CH_4, CO_2, COVDM	1
	1.B.2.c.i. Venteo	CH_4, CO_2, COVDM	1
	1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	CH_4, CO_2, N_2O	2, 3
		CH_4, CO_2, COVDM, N_2O	1

Fuente: Elaboración propia.

El sector de energía presenta una incertidumbre promedio histórica de ±9,73 % para la serie 1990-2024. La incertidumbre sectorial disminuyó de ±13,74 % en 1990 a ±6,07 % en 2024, lo que representa una reducción relativa del 55,80 %, equivalente a 7,66 puntos porcentuales, principalmente influenciada por la incertidumbre en las emisiones de N_2O con una incertidumbre promedio de ±16,04 %, principalmente las actividades de emisiones fugitivas en minería del carbón (±11,8 % en 2024) y el consumo de combustibles en otros sectores (±9,9 % en 2024).

3.2 Actividades de quema de combustibles (CRT 1.A)

3.2.1 Descripción y tendencia de las emisiones y absorciones atmosféricas de la categoría

La categoría 1.A. Actividades de quema de combustibles constituye la principal fuente de emisiones del sector Energía. En 2024 generó 95.756,0 kt CO_2eq, equivalentes al 90,9 % de las emisiones sectoriales. La mayor contribución correspondió al transporte (1.A.3), con 36.019,5 kt CO_2eq (37,6 %), seguido por las industrias de la energía (1.A.1.), con 29.198,6 kt CO_2eq (30,5 %), las industrias manufactureras y de la construcción (1.A.2.), con 19.825,2 kt CO_2eq (20,7 %), y otros sectores (1.A.4), con 10.712,7 kt CO_2eq (11,2 %), como se observa en la Tabla 3-7.

Tabla 3-7. Actividades de quema de combustibles: Emisiones totales de GEI por categoría y subcategoría (kt CO_2eq)

Categoría	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
1.A.1. Industrias de la energía	9.966,5	12.245,1	14.200,6	11.402,0	21.803,4	25.873,7	24.156,1	19.869,8	19.874,8	25.523,4	29.198,6
1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	9.573,6	11.464,5	12.766,7	15.097,4	17.737,1	16.674,3	16.886,2	18.996,4	19.845,1	19.710,9	19.825,2
1.A.3. Transporte	19.578,1	24.241,7	21.860,5	22.183,0	24.337,7	28.941,9	25.784,8	33.545,9	38.785,7	37.734,8	36.019,5
1.A.4. Otros sectores	5.909,3	6.351,8	7.238,1	7.585,2	8.195,4	8.768,0	9.976,2	10.253,7	10.477,5	10.512,6	10.712,7
1.A. Actividades de quema de combustibles	**45.027,6**	**54.303,1**	**56.065,9**	**56.267,5**	**72.073,6**	**80.257,9**	**76.803,3**	**82.665,8**	**88.983,0**	**93.481,7**	**95.756,0**

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 3-5 presenta la tendencia de las emisiones para esta categoría. Entre 1990 y 2024, las emisiones de esta categoría presentaron una tendencia creciente, pasando de 45.027,6 kt CO_2eq a 95.756,0 kt CO_2eq, lo que representa un incremento de 112,6 %. Este comportamiento estuvo estrechamente relacionado con el crecimiento sostenido de la demanda energética nacional, el aumento de la población, la expansión de las actividades productivas y la persistente dependencia de combustibles fósiles en sectores como el transporte, la generación de energía y la industria (Peña Suárez et al., 2025).

La evolución de las emisiones refleja las dinámicas observadas en el consumo energético del país. Entre 2010 y 2023, el consumo final de energía aumentó aproximadamente un 33 %, impulsado por el crecimiento económico, la expansión demográfica y una mayor cobertura y acceso a servicios energéticos. Durante este período, los combustibles fósiles mantuvieron una participación cercana al 69 % del consumo final de energía, con una alta dependencia de combustibles líquidos en el transporte y de gas natural y carbón en el sector industrial (Peña Suárez et al., 2025).

Particularmente, en 2017 se observó una disminución en las emisiones de la categoría 1.A., asociada al menor dinamismo de la economía colombiana durante ese período. De acuerdo con la (Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2018) la actividad económica estuvo caracterizada por una demanda interna debilitada, un menor crecimiento del consumo de los hogares y una reducción en el ritmo de inversión, factores que incidieron en una menor demanda de energía y combustibles.

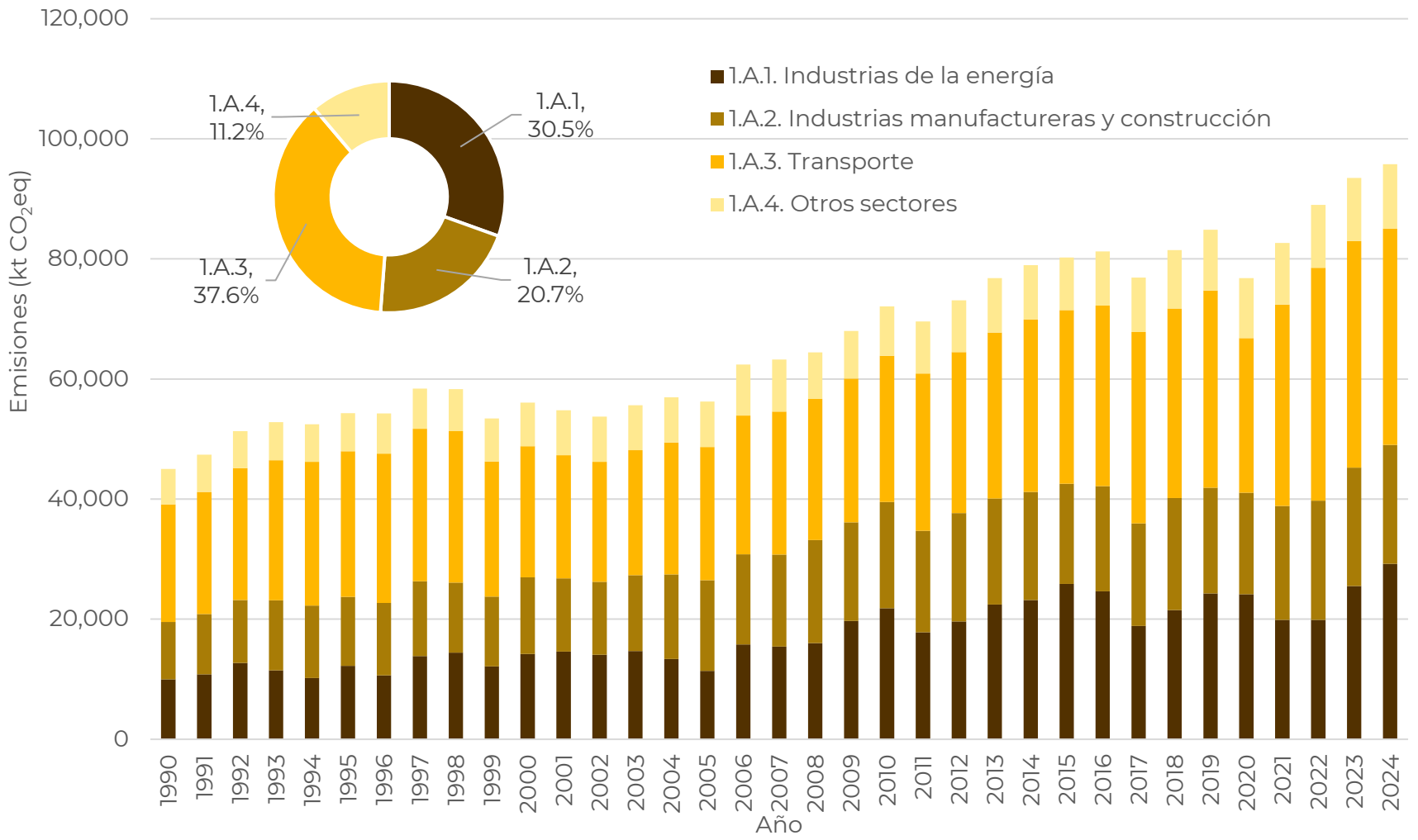


Figura 3-5. Actividades de quema de combustibles: Emisiones totales de GEI por subcategoría (kt CO_2eq), 1990-2024

Fuente: Elaboración propia

El transporte (1.A.3) se mantuvo durante toda la serie temporal como la principal fuente de emisiones de la categoría. Sus emisiones aumentaron de 19.578,1 kt CO_2eq en 1990 a 36.019,5 kt CO_2eq en 2024, asociadas principalmente al consumo de gasolina motor y diésel. Este comportamiento refleja la importancia del transporte como principal consumidor de energía del país, con una participación cercana al 45 % de la demanda energética nacional y una matriz energética dominada en aproximadamente un 90 % por combustibles líquidos derivados del petróleo (Peña Suárez et al., 2025). Aunque en 2024 se observa una disminución frente a 2023, el transporte continúa siendo el principal impulsor de las emisiones derivadas de la combustión de combustibles.

Las industrias de la energía (1.A.1) registraron el mayor crecimiento relativo entre las principales subcategorías, pasando de 9.966,5 kt CO_2eq en 1990 a 29.198,6 kt CO_2eq en 2024. Su evolución estuvo asociada al aumento de la demanda eléctrica y de combustibles, así como a la participación variable de las plantas termoeléctricas dentro de la matriz de generación eléctrica. Aunque Colombia cuenta con una matriz eléctrica predominantemente hidroeléctrica, durante años afectados por condiciones hidrológicas adversas y fenómenos climáticos como El Niño se incrementa el uso de combustibles fósiles para generación eléctrica, contribuyendo al aumento de las emisiones de esta categoría (Peña Suárez et al., 2025).

Las industrias manufactureras y de la construcción (1.A.2) incrementaron sus emisiones de 9.573,6 kt CO_2eq en 1990 a 19.825,2 kt CO_2eq en 2024. Estas emisiones se encuentran asociadas principalmente al consumo de combustibles para la generación de calor de proceso, especialmente en actividades de minerales no metálicos, alimentos, bebidas y tabaco, así como otras actividades industriales intensivas en energía. A pesar de algunos periodos de estabilización, la tendencia general refleja el crecimiento de la actividad productiva y de la demanda energética industrial.

Tabla 3-8. Actividades de quema de combustibles: Emisiones totales de GEI (kt CO_2eq)

GEI	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
CH_4	1.754,8	1.949,7	1.752,8	1.692,8	1.664,0	1.647,9	1.564,8	1.639,8	1.664,4	1.655,3	1.653,3
CO_2	42.728,9	51.746,6	53.719,8	53.851,4	69.545,9	77.544,2	74.109,2	79.817,6	86.042,4	90.520,2	92.735,5
N_2O	543,9	606,9	593,3	723,3	863,7	1.065,9	1.129,3	1.208,4	1.276,2	1.306,3	1.367,3
Total	**45.027,6**	**54.303,1**	**56.065,9**	**56.267,5**	**72.073,6**	**80.257,9**	**76.803,3**	**82.665,8**	**88.983,0**	**93.481,7**	**95.756,0**

Fuente: Elaboración propia

Por su parte, otros sectores (1.A.4) presentaron un crecimiento más moderado, pasando de 5.909,3 kt CO_2eq en 1990 a 10.712,7 kt CO_2eq en 2024. Esta subcategoría agrupa principalmente los consumos energéticos de los sectores residencial, comercial, institucional y agropecuario, donde el crecimiento de la población, la expansión de la cobertura energética y el aumento del consumo de gas natural y electricidad han contribuido al incremento gradual de las emisiones.

A continuación se muestra la evolución de las emisiones de GEI de la categoría 1.A. Actividades de quema de combustibles entre 1990 y 2024. Durante todo el período analizado, las emisiones estuvieron dominadas por el CO_2, cuya participación en 2024 alcanzó el 96,8 % del total de la categoría, con emisiones de 92.735,5 kt CO_2eq. En menor proporción contribuyeron las emisiones de CH_4, con 1,7 % (1.653,3 kt CO_2eq), y de N_2O, con 1,4 % (1.367,3 kt CO_2eq). La predominancia del CO_2 refleja la importancia del consumo de combustibles fósiles en actividades de transporte, generación de energía e industria.

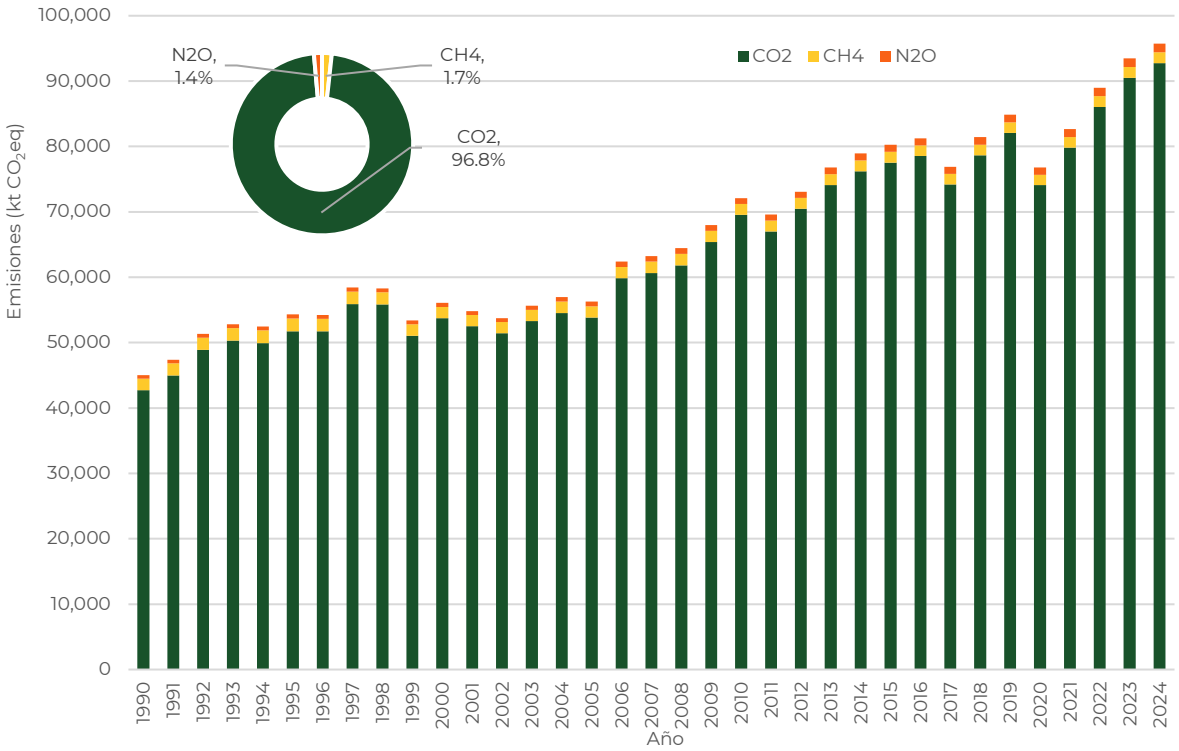


Figura 3-6. Actividades de quema de combustibles: Emisiones totales de GEI (kt CO2eq), 1990-2024.

Fuente: Elaboración propia

La Figura 3-7 presenta la evolución de las emisiones de carbono negro y contaminantes criterio de la categoría 1.A. Actividades de quema de combustibles entre 1990 y 2024. Durante todo el período analizado, las emisiones estuvieron dominadas por el CO, que alcanzó 2.997,0 kt en 2024, seguido por los SOx, con 439,8 kt; los COVDM, con 466,0 kt; y los NOx, con 372,9 kt. Por su parte, las emisiones de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ alcanzaron 151,7 kt y 141,6 kt, respectivamente, mientras que el carbono negro representó 20,5 kt.

Tabla 3-9. Actividades de quema de combustibles: Emisiones totales carbono negro y contaminantes criterio (kt)

Precursor	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
CN	14,6	17,0	16,4	17,0	19,6	19,0	19,7	20,5	20,9	20,0	20,5
CO	1.491,4	1.974,8	2.002,6	2.081,6	2.450,4	2.785,5	2.266,6	2.652,4	3.145,7	2.983,5	2.997,0
COVDM	191,3	241,5	269,4	309,9	399,6	429,8	439,2	450,2	462,3	462,9	466,0
NH_3	24,6	28,8	24,9	21,3	20,4	21,2	21,7	26,1	27,9	27,0	25,1
NOx	137,0	191,9	224,8	267,7	309,1	348,0	343,0	341,5	348,6	360,8	372,9
PM_{10}	140,2	151,4	144,0	143,3	154,0	149,7	147,8	151,6	153,7	150,9	151,7
$PM_{2.5}$	135,4	146,0	138,7	137,9	146,0	141,7	138,5	141,8	143,5	141,3	141,6
SO_2	1,3	1,5	1,5	1,6	1,1	2,4	1,3	1,7	1,9	1,9	1,0
SOx	152,2	194,7	158,4	160,9	263,0	351,6	383,3	257,7	237,8	366,3	439,8

Fuente: Elaboración propia

En términos de tendencia, la mayoría de los contaminantes presentaron incrementos a lo largo de la serie temporal, en línea con el aumento sostenido del consumo de combustibles en el país. Los mayores crecimientos relativos se observaron en los COVDM, NOx y SOx, cuyas emisiones en 2024 fueron más del doble de las registradas en 1990. En contraste, las emisiones de material particulado, carbono negro y NH_3 mostraron variaciones más moderadas y una evolución relativamente estable durante las últimas dos décadas. Asimismo, se observa una reducción temporal de varios contaminantes en 2020, seguida de una recuperación en los años posteriores, consistente con la disminución y posterior reactivación de las actividades económicas y de transporte en el país.

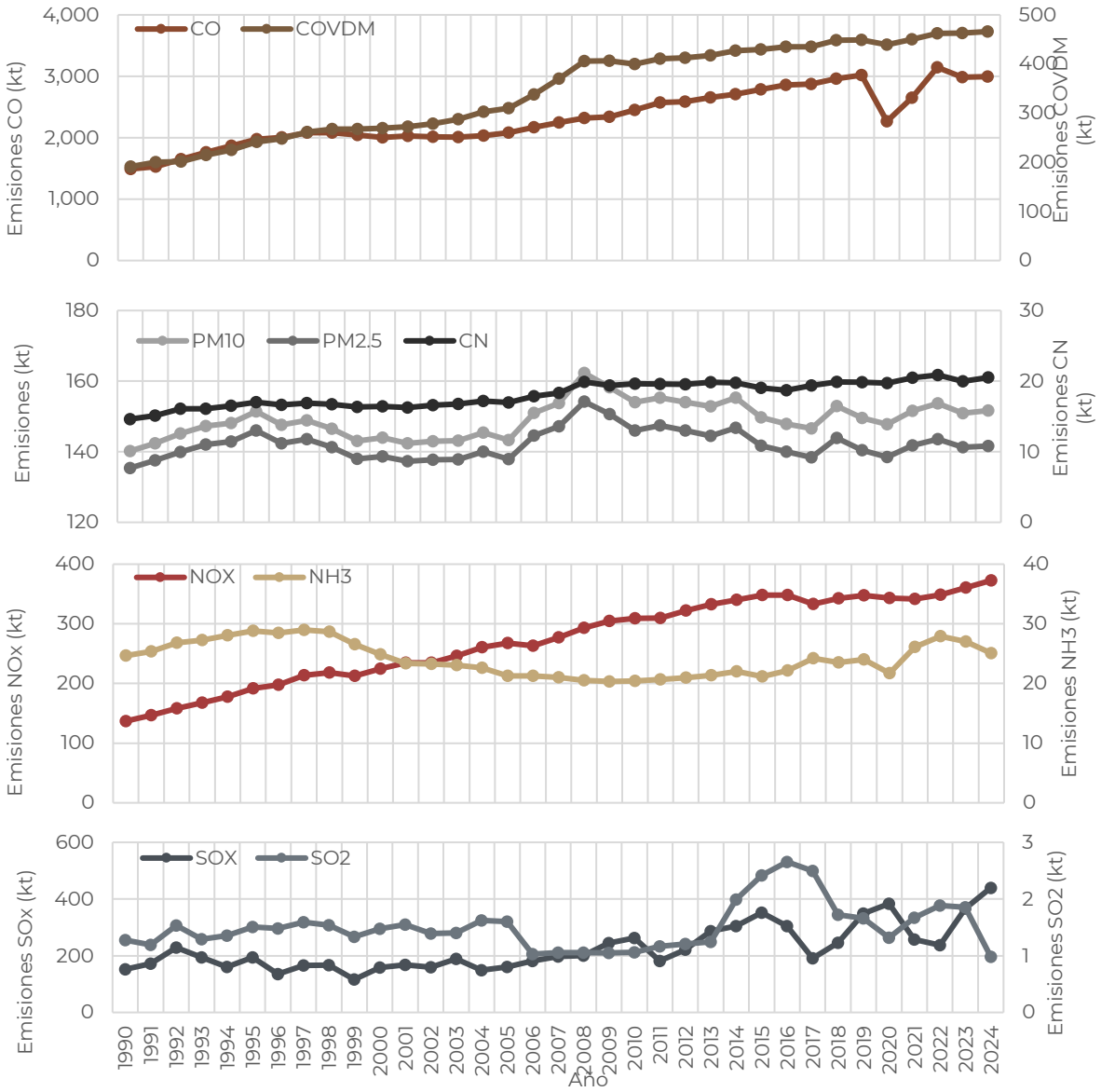


Figura 3-7. Actividades de quema de combustibles: Emisiones totales carbono negro y contaminantes criterio (kt), 1990-2024

Fuente: Elaboración propia

3.2.2 Aspectos metodológicos de la categoría

Las estimaciones de la categoría 1.A. Actividades de quema de combustibles fueron desarrolladas siguiendo las Directrices del IPCC de 2006 y sus Refinamientos de 2019 para GEI, así como la Guía EMEP/EEA 2019 para carbono negro y contaminantes criterio.

Para las emisiones de GEI, las estimaciones se realizaron a partir de los datos de consumo de combustibles y los factores de emisión correspondientes, siguiendo el enfoque general de las Directrices del IPCC para fuentes de combustión estacionaria y móvil. Las emisiones se calcularon mediante la multiplicación de los datos de actividad por los factores de emisión específicos para cada combustible y gas. Para CO_2 se aplicaron principalmente metodologías Tier 2 utilizando factores de emisión nacionales desarrollados en el estudio FECOC. No obstante, la subcategoría 1.A.1.c.i Manufactura de combustibles sólidos fue estimada utilizando factores de emisión por defecto del IPCC debido a la ausencia de factores nacionales específicos para esta actividad. Las emisiones de CH_4 y N_2O se estimaron principalmente mediante metodologías Tier 1 empleando factores de emisión por defecto de las Directrices del IPCC.

Las emisiones derivadas de la combustión de biomasa sólida y biocombustibles fueron estimadas siguiendo las Directrices del IPCC. Sin embargo, las emisiones de CO_2 provenientes de estas fuentes no se incluyen dentro de los totales nacionales de GEI, dado que se consideran climáticamente neutras en el sector Energía y se reportan únicamente como información complementaria. Por el contrario, las emisiones de CH_4 y N_2O derivadas de la combustión de biomasa y biocombustibles sí se contabilizan dentro de las estimaciones de la categoría.

Para carbono negro y contaminantes criterio, la mayoría de las estimaciones se desarrollaron mediante metodologías Tier 1 basadas en la Guía EMEP/EEA 2019. Las emisiones se calcularon a partir de los consumos de combustible, niveles de actividad y factores de emisión específicos definidos por la Guía EMEP/EEA para cada tecnología y tipo de fuente.

La selección de los niveles metodológicos respondió a la disponibilidad de información nacional y a la existencia de factores de emisión específicos para Colombia. La aplicación de factores de emisión nacionales para CO_2 y de metodologías de nivel superior en transporte terrestre y maquinaria todoterreno constituye un avance significativo frente a enfoques basados exclusivamente en factores por defecto.

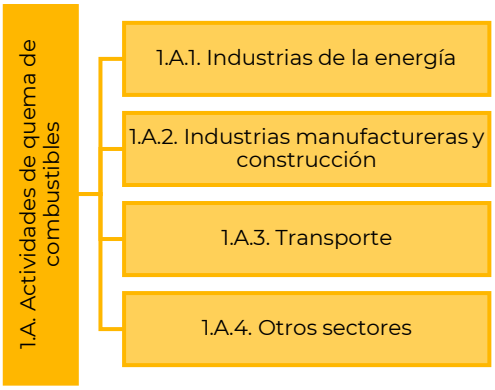


Figura 3-8. Actividades de quema de combustibles: Subcategorías estimadas en la categoría Actividades de quema de combustibles

3.2.2.1 Datos de actividad de la categoría

La base fundamental para la estimación de emisiones en la categoría 1.A Actividades de quema de combustibles es el Balance Energético Colombiano (BECO) (Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), 2025), administrado por la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME). Esta fuente proporcionó el consumo final de energía desagregado por sector y tipo de energético para toda la serie temporal 1990–2024 y constituyó el principal insumo para el cálculo de emisiones en la categoría. No obstante, con el propósito de alcanzar el nivel de detalle sectorial y la desagregación tecnológica requeridos por las Directrices del IPCC de 2006 (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006a) y la Guía EMEP/EEA 2019 (European Environment Agency, 2019h), la información contenida en el BECO se complementó y validó mediante registros administrativos y bases de datos sectoriales específicas.

En el caso de las Industrias de la Energía (1.A.1), se utilizaron los históricos de consumo de combustible del Sistema Interconectado Nacional (SIN) reportados por XM (XM S.A. E.S.P., 2024), así como los reportes de indicadores del servicio de energía en las Zonas No Interconectadas (ZNI) disponibles en el Sistema Único de Información (SUI) de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2024a). Por su parte, para las actividades de refinación y extracción, los datos provienen del sistema MRVme del Ministerio de Minas y Energía, a partir de reportes directos suministrados por Ecopetrol.

Para las Industrias Manufactureras y de la Construcción (1.A.2), además de la información proveniente del BECO, se integraron registros del Sistema de Información de Combustibles Líquidos (SICOM) (Ministerio de Minas y Energía, 2024b), particularmente para las actividades de minería no energética y construcción. Adicionalmente, las emisiones asociadas a la maquinaria todoterreno (1.A.2.g.vii) se estimaron mediante un enfoque Tier 3 basado en el inventario desarrollado por el programa CALAC+ (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible & Programa CALAC+, 2023), el cual permitió caracterizar la flota a partir de variables como potencia, horas de operación y factores de carga.

En la subcategoría Transporte (1.A.3) se implementó un enfoque híbrido. Mientras que el consumo total de combustibles se obtuvo a partir del BECO, la desagregación por categoría vehicular y tecnología se realizó utilizando los registros del Registro Único Nacional de Tránsito (RUNT) (Ministerio de Transporte, 2021), factores de rendimiento derivados del estudio “Actualización y consolidación de escenarios de emisiones de GEI por sector y evaluación de costos de abatimiento asociados en Colombia” (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2020) y datos sobre conversiones vehiculares a gas suministrados por Naturgas.

Asimismo, para la aviación se emplearon las estadísticas de tráfico de la Aeronáutica Civil (Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, 2024a), lo que permitió diferenciar las emisiones correspondientes a las fases de despegue y aterrizaje (LTO) de aquellas generadas durante el crucero. En cuanto al transporte fluvial y férreo, la principal fuente de información correspondió al BECO, mientras que para el transporte por tubería se utilizó principalmente información sectorial proveniente del sistema MRVme, construida a partir de los datos suministrados por Ecopetrol.

Por último, para la categoría Otros Sectores (1.A.4), se incorporó el consumo residencial de leña utilizando el indicador nacional de consumo de leña per cápita desarrollado en el marco de los Planes Energéticos Regionales Sostenibles (PERS) de la UPME(Unidad de Planeación Minero Energética, 2023). De igual manera, la información relacionada con el aprovechamiento de biogás en plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) y rellenos sanitarios se obtuvo a partir de registros de la SSPD, proyectos registrados bajo el Mecanismo de Desarrollo Limpio (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), 2024) y reportes de operadores locales.

Los poderes caloríficos utilizados para la conversión de unidades físicas a energía se adoptaron a partir de los valores reportados oficialmente por la UPME en el Balance Energético Colombiano (BECO) (Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), 2025), garantizando la consistencia metodológica con los balances energéticos nacionales.

Para el BTR2, en la mayoría de las subcategorías de la categoría 1.A. Actividades de quema de combustible, se realizó un recálculo completo de la serie 1990–2024 como resultado de la actualización de las fuentes de información y de las mejoras incorporadas en la calidad y cobertura de los datos. Debido a la ausencia de información directa en algunos periodos históricos, especialmente antes de 2006, fue necesario aplicar técnicas de empalme de series en concordancia con las directrices del IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006a).

Estas técnicas se basaron principalmente en el uso de variables sustitutas (proxy) y en métodos estadísticos orientados a preservar la consistencia temporal de las estimaciones. Entre las principales variables sustitutas empleadas se encuentran el PIB industrial del DANE para los sectores manufactureros (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2005) (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2024a), la población municipal (Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), 2019) para representar la evolución de la generación eléctrica y del consumo residencial, y los niveles de producción física de níquel, petróleo crudo y carbón para las industrias extractivas y el transporte por tubería. Adicionalmente, el transporte terrestre, para estimar el comportamiento reciente del parque automotor durante el periodo 2022–2024, se aplicó el método de suavizamiento exponencial de Holt-Winters, utilizando como referencia las tendencias históricas registradas en el RUNT.

Las fuentes de información fueron seleccionadas priorizando su representatividad nacional y su capacidad para proporcionar información desagregada por combustible y tecnología. No obstante, durante el proceso se identificaron algunas limitaciones asociadas principalmente a la discontinuidad de registros históricos y a las restricciones de acceso a información detallada sobre consumos específicos por planta en determinados sectores industriales. En cuanto al manejo de información sensible, particularmente aquella relacionada con instalaciones industriales, este se realiza bajo acuerdos de transferencia de información y de conformidad con los protocolos establecidos por el SINGEI, asegurando que los resultados se reporten de manera agregada para proteger los datos de carácter restringido.

En general, los datos de actividad utilizados en esta categoría permitieron mantener la trazabilidad de la dinámica energética nacional y cumplieron con los principios de exhaustividad y comparabilidad requeridos para el inventario. Para ampliar la información sobre las fuentes de información específicas y los datos de actividad utilizados, se recomienda consultar las respectivas secciones de cada subcategoría.

3.2.2.2 Factores de emisión aplicados en la categoría

La selección de los niveles metodológicos y de los factores de emisión aplicados en la categoría 1.A Actividades de quema de combustibles se realizó priorizando el uso de información específica para el contexto colombiano, con el fin de mejorar la exactitud de las estimaciones y reducir la incertidumbre asociada a las principales fuentes de emisión. Para ello, se siguieron los árboles de decisión y los criterios de buenas prácticas establecidos en las Directrices del IPCC de 2006 para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006a) y en la Guía de Inventario de Emisiones de Contaminantes Atmosféricos EMEP/EEA 2019 (European Environment Agency, 2019).

En la estimación de los GEI, el CN y los contaminantes criterio, se empleó una combinación de factores de emisión nacionales y por defecto, seleccionados de acuerdo con la disponibilidad de información y el nivel de desarrollo metodológico alcanzado para cada subcategoría.

En el caso de los GEI, las emisiones de CO_2 se estimaron mayoritariamente mediante un enfoque Tier 2, utilizando los Factores de Emisión de los Combustibles Colombianos (FECOC) desarrollados por la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME) (Amell Arrieta et al., 2016). Estos factores permitieron representar de manera más precisa las características fisicoquímicas de los energéticos comercializados en el país, incluyendo

combustibles como el carbón mineral, el gas natural, el diésel oil y la gasolina para motor. No obstante, para aquellos combustibles que no cuentan con una caracterización nacional específica, como el coque, el carbón vegetal y ciertos residuos, se utilizaron factores de emisión Tier 1 provenientes de las Directrices del IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006a).

Por su parte, las emisiones de CH_4 y N_2O se estimaron mediante metodologías Tier 1, aplicando los factores de emisión por defecto establecidos en las Directrices del IPCC de 2006 (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006a) debido a la ausencia de factores nacionales desarrollados específicamente para estos contaminantes.

En cuanto al Carbono Negro y a los contaminantes criterio, se adoptaron principalmente los factores de emisión contenidos en la Guía de Inventarios de Emisiones de Contaminantes Atmosféricos EMEP/EEA (European Environment Agency, 2019). Sin embargo, en aquellas subcategorías consideradas estratégicas se avanzó hacia niveles metodológicos superiores con el fin de representar de manera más adecuada las características tecnológicas de las fuentes emisoras.

En particular, para el transporte terrestre (1.A.3.b) se aplicó un enfoque Tier 2 en la estimación de la mayoría de los contaminantes, diferenciando los factores de emisión según el estándar de control vehicular, desde tecnologías Pre-Euro hasta Euro VI. De manera complementaria, para las fuentes móviles de uso fuera de carretera, correspondientes a las subcategorías 1.A.2.g.vii y 1.A.4.c.ii, se empleó un enfoque Tier 3 basado en rangos de potencia y estándares tecnológicos de los motores. Esta aproximación se sustentó en la información desarrollada por el Programa de Clima y Aire Limpio en Ciudades de América Latina (CALAC+) (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible & Programa CALAC+, 2023a), lo que permitió una caracterización más detallada y representativa de estas fuentes de emisión.

Los factores de emisión nacionales para CO_2 fueron obtenidos a partir de una caracterización fisicoquímica directa de los combustibles comercializados en el mercado colombiano, desarrollada por la UPME (Amell Arrieta et al., 2016).Su determinación se basó en la cuantificación del contenido de carbono en peso y del Poder Calorífico Inferior (PCI) de cada energético, permitiendo contar con factores representativos de las características propias de los combustibles utilizados en el país. En términos de coherencia metodológica, los resultados mostraron una alta correspondencia con los factores por defecto establecidos en las Directrices del IPCC de 2006 para combustibles como la gasolina para motor y el diésel. Sin embargo, para el petróleo y el Gas Licuado de Petróleo (GLP) se identificaron diferencias atribuibles a la composición específica del suministro nacional, lo que evidencia el valor agregado de emplear factores país específicos para reflejar de manera más precisa las condiciones colombianas.

En el desarrollo de las estimaciones también fue necesario adoptar una serie de supuestos metodológicos. En primer lugar, se asumió una fracción de oxidación igual a 1, equivalente a una oxidación completa del carbono (100 %), para todas las actividades de quema de combustibles. Este supuesto se adoptó siguiendo las recomendaciones del IPCC y considerando la ausencia de información nacional que permitiera cuantificar la retención de carbono en cenizas u otros residuos de combustión. Asimismo, los factores derivados del estudio FECOC (2016) se consideraron constantes para toda la serie temporal 1990–2024, bajo el supuesto de que las propiedades intrínsecas de los combustibles no experimentaron variaciones significativas en su contenido de carbono por unidad de energía a lo largo del periodo analizado.

La utilización de factores de emisión de nivel Tier 2 para CO_2 en las categorías de transporte terrestre y energía respondió a la necesidad de representar de manera más adecuada las características de la matriz energética nacional, particularmente en aquellas subcategorías que concentraron la mayor proporción de las emisiones del sector. No obstante, durante el proceso se identificaron brechas y barreras que limitaron una mayor especificidad de las estimaciones. Entre estas destaca la ausencia de factores de emisión nacionales para CH_4 y N_2O, lo que obligó a recurrir a los valores por defecto recomendados por el IPCC. Si bien esta aproximación garantiza la consistencia metodológica del inventario, es posible que dichos factores no reflejen plenamente algunas particularidades del contexto colombiano, como las condiciones reales del parque automotor (incluida la presencia de convertidores catalíticos degradados) o las características de determinados procesos industriales específicos.

3.2.3 Comparación del método sectorial con el método de referencia

3.2.3.1 Descripción y tendencia de CO_2 de la comparación entre métodos

El método de referencia corresponde a un enfoque top-down establecido por las Directrices del IPCC para estimar las emisiones de CO_2 procedentes de la quema de combustibles fósiles, a partir del consumo aparente de energéticos primarios y secundarios con contenido de carbono. A diferencia del método sectorial, que estima las emisiones con base en el consumo de combustibles asignado a las categorías de uso final, el método de referencia parte de los flujos agregados de oferta energética nacional, permitiendo calcular el carbono contenido en los combustibles disponibles para consumo interno.

Su aplicación se basa en estadísticas energéticas nacionales agregadas y permite obtener una estimación independiente de las emisiones de CO_2 por combustión. En este sentido, la comparación entre los resultados

del método de referencia y las estimaciones reportadas para la categoría 1A. Actividades de quema de combustibles constituye una herramienta de control de calidad y verificación de consistencia del inventario. Esta comparación permite identificar posibles diferencias asociadas a la cobertura de los datos de actividad, la asignación sectorial de los combustibles, los tratamientos aplicados a usos no energéticos o los supuestos metodológicos empleados en cada enfoque.

Para la aplicación del método de referencia en Colombia, el Balance Energético Colombiano (BECO) constituye la principal fuente de información. El BECO consolida anualmente los flujos de oferta, transformación y demanda de los energéticos primarios y secundarios en el país, incluyendo la producción, importaciones, exportaciones, variaciones de inventarios y otros componentes necesarios para estimar el consumo aparente de combustibles.

3.2.3.2 Aspectos metodológicos del método de referencia

El siguiente diagrama resume los pasos aplicados para estimar las emisiones de CO_2 para un año determinado mediante el método de referencia.

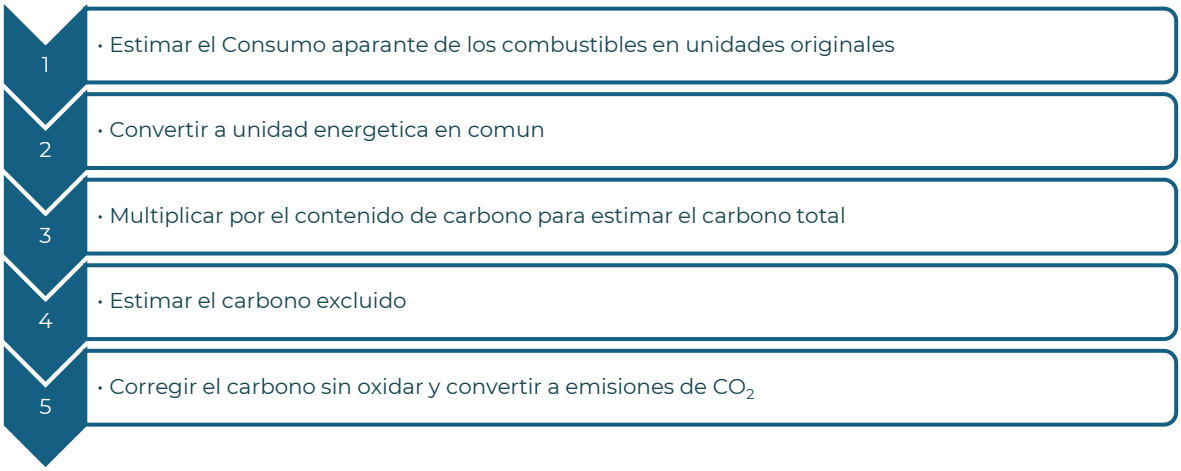


Figura 3-9. Método de referencia: Pasos considerados para la estimación de emisiones del método de referencia

A continuación, se describe el alcance de cada uno de los pasos considerados en la estimación.

Paso 1. Estimación del consumo aparente de combustibles

El método de referencia parte de las estadísticas nacionales de producción, comercio internacional, búnkeres internacionales y variación de existencias de combustibles primarios y secundarios con contenido de carbono. Adicionalmente, para su correcta aplicación es necesario identificar los combustibles destinados a usos no energéticos, dado que el carbono contenido en estos flujos puede ser almacenado en productos o emitido posteriormente mediante procesos no asociados directamente a la combustión.

El primer paso consiste en estimar el consumo aparente de combustibles dentro del país. Para ello, se requiere información sobre producción nacional, importaciones, exportaciones, búnkeres internacionales y variación de existencias. Para el periodo 1990–2024, el BECO constituye la fuente principal de información, al consolidar de manera anual los principales flujos de oferta y demanda energética del país.

Con el fin de evitar doble contabilidad del carbono, la estimación del consumo aparente se realiza diferenciando entre combustibles primarios y combustibles secundarios. Esta distinción es necesaria porque los combustibles secundarios son producidos a partir de combustibles primarios, por lo que incluir simultáneamente la producción de ambos podría generar una sobreestimación del carbono disponible para combustión.

Consumo aparente de combustible primario: Para la determinación del consumo aparente de los combustibles primarios se emplea la ecuación 6.2 de las Directrices del IPCC de 2006:

Consumo aparente = producción + importaciones – exportaciones – almacenamiento de combustible internacional – cambio en las existencias.

El consumo aparente total de combustibles primarios corresponde a la suma del consumo aparente estimado para cada energético primario considerado. En este cálculo, la producción de combustibles secundarios no se incluye, dado que el carbono contenido en dichos productos ya se encuentra representado en los combustibles primarios a partir de los cuales fueron obtenidos.

Para la aplicación del método de referencia se consideraron como combustibles primarios el petróleo crudo, el gas natural y el carbón mineral. Las siguientes figuras presentan el consumo aparente anual estimado para cada uno de estos combustibles a partir de la información reportada en el BECO.

Consumo aparente de combustible secundario: El consumo aparente de combustibles secundarios debe incorporarse a la estimación total del método de referencia, considerando únicamente los flujos que modifican la disponibilidad neta de estos combustibles en el país. Para evitar doble contabilidad, el término de producción nacional se omite, debido a que el carbono contenido en los combustibles secundarios producidos internamente ya fue contabilizado en los combustibles primarios utilizados para su elaboración.

En consecuencia, para los combustibles secundarios se aplica la ecuación 6.3 de las Directrices del IPCC de 2006:

Consumo aparente = importaciones – exportaciones – almacenamiento de combustible internacional – cambio en las existencias.

La aplicación de esta ecuación puede generar valores negativos para algunos combustibles secundarios. Esto ocurre cuando las salidas netas del combustible, principalmente por exportaciones, suministro a búnkeres internacionales o aumentos de existencias, superan las entradas netas registradas para el mismo año. Estos valores no deben interpretarse necesariamente como errores, sino como el resultado del tratamiento metodológico definido para evitar la doble contabilización del carbono contenido en combustibles derivados.

Para este ejercicio se consideraron como combustibles secundarios la gasolina, el queroseno, el diésel, el fuel oil, el GLP y el coque. La siguiente figura presenta el consumo aparente estimado para estos combustibles secundarios a partir de la información del BECO.

Paso 2: Convertir a unidad energética común

El segundo paso del método de referencia consiste en expresar todos los combustibles en una unidad energética común, con el fin de garantizar la comparabilidad entre energéticos y permitir la aplicación consistente de los factores de emisión por contenido de carbono. En las Directrices del IPCC, este paso es necesario cuando los datos de actividad se encuentran reportados en unidades físicas heterogéneas, como toneladas, barriles, metros cúbicos o galones, y deben ser convertidos a unidades de energía mediante poderes caloríficos netos.

Para el caso de Colombia, este procedimiento no requirió una conversión adicional, dado que el BECO reporta los flujos de oferta y demanda de los energéticos en TJ. En consecuencia, los datos utilizados para estimar el consumo aparente de combustibles ya se encontraban expresados en una unidad energética común.

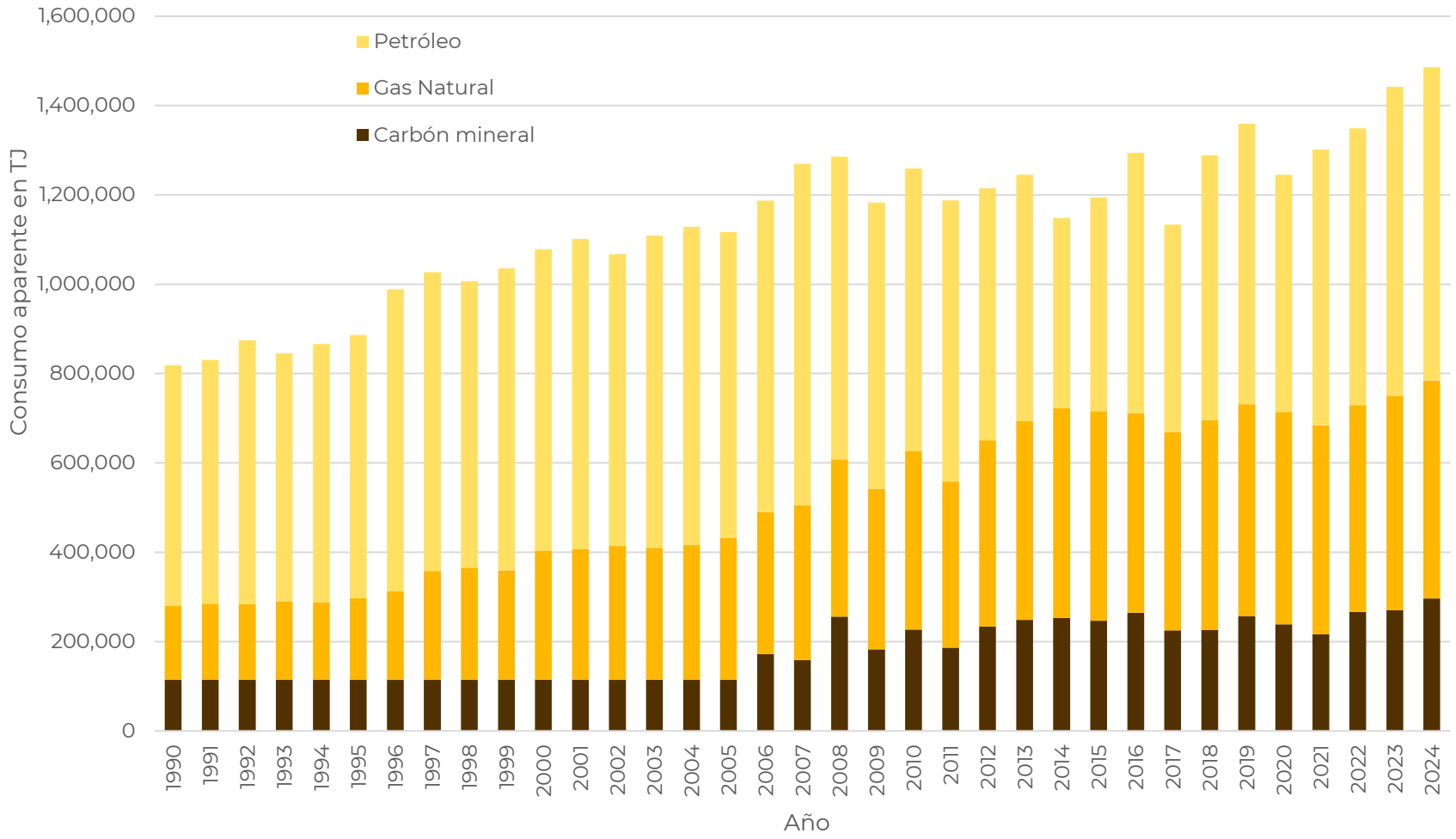


Figura 3-10. Método de referencia: Consumo aparente energéticos primarios

Fuente: Elaboración propia

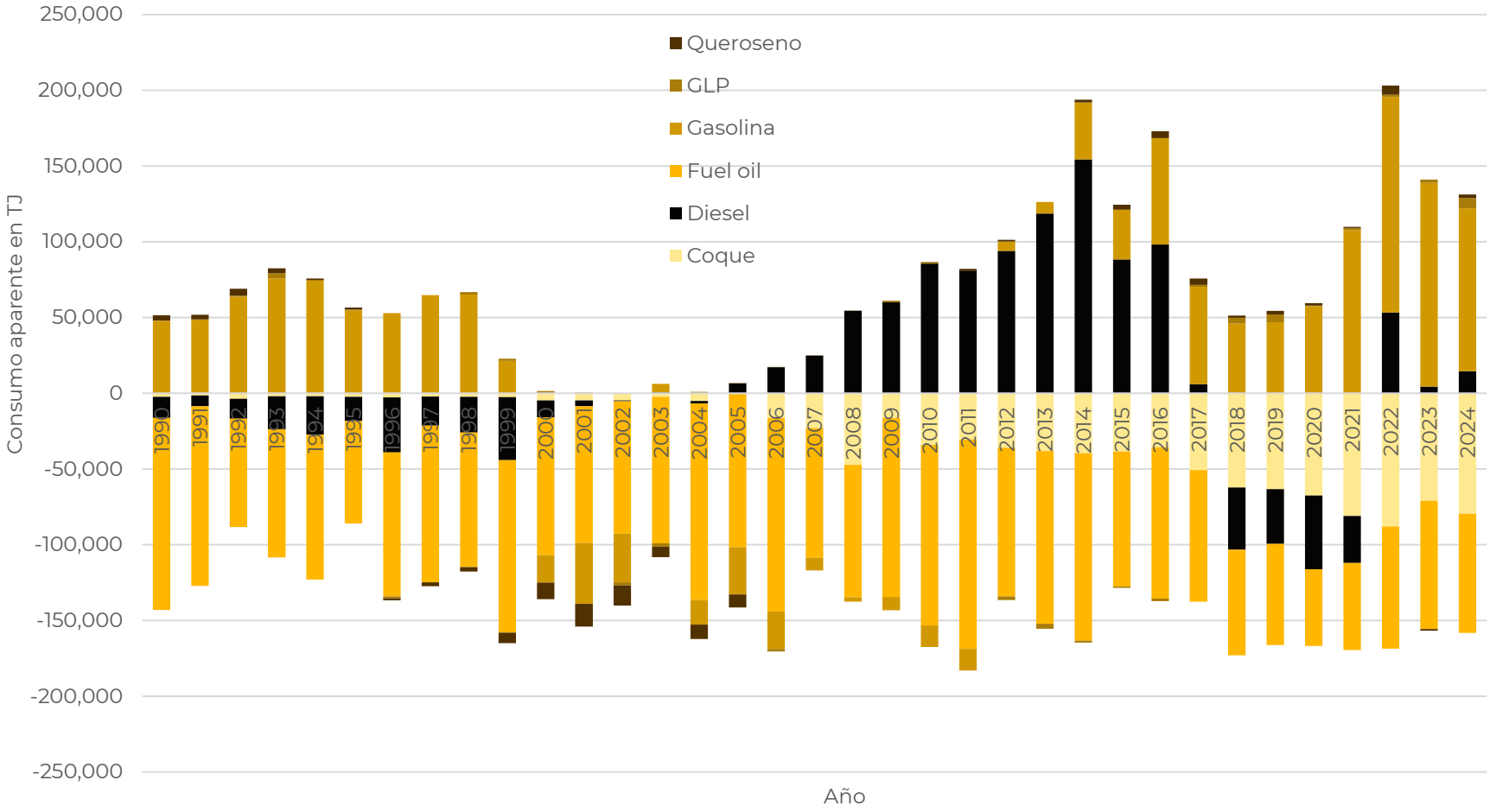


Figura 3-11. Método de referencia: Consumo aparente energéticos secundarios

Fuente: Elaboración propia

Paso 3. Estimación del contenido de carbono total

El tercer paso del método de referencia consiste en convertir el consumo aparente de cada combustible, expresado en unidades energéticas, a contenido de carbono. Para ello, las Directrices del IPCC de 2006 establecen el uso de factores de contenido de carbono expresados en kg C/GJ, definidos sobre una base de poder calorífico neto. Estos factores permiten estimar la cantidad de carbono contenida en los combustibles disponibles para consumo interno, antes de aplicar la fracción de carbono oxidado y convertir el carbono oxidado a emisiones de CO_2.

Para la estimación de la serie 1990–2024, se emplearon contenidos de carbono nacionales estimados a partir del porcentaje de carbono en peso y del poder calorífico inferior (PCI) de los combustibles utilizados en el país. Este enfoque permite incorporar información nacional sobre las características de los energéticos y mantener consistencia metodológica con los factores de emisión de CO_2 de nivel Tier 2 utilizados en el método sectorial del sector energía.

La siguiente tabla presenta los parámetros utilizados para la estimación del contenido de carbono nacional y su comparación con los valores por defecto de las Directrices del IPCC de 2006.

Tabla 3-10. Método de referencia: Parámetros para la estimación del contenido de carbono

Combustible	% Carbono en Peso	Poder calorifico Inferior (KJ/Kg)	Contenido de Carbono Nacional (Kg/GJ)	Contenido de Carbono guias IPCC 2006 (Kg/GJ)
Petróleo	86,4	40.670,5	21,2	20,0
Gasolina Motor	85,8	45.329,5	18,9	18,9
Querosene	86,4	42.816,8	20,2	19,6
Diésel oil	85,9	42.418,5	20,2	20,2
Fuel Oil	86,4	40.442,2	21,4	21,1
GLP	83,3	45.414,5	18,3	17,2
Carbón Mineral	69,5	28.760,2	24,1	25.8
Gas Natural	74,5	55.539,1	13,4	15,3

Fuente: Tabla 1.4 Modulo energía guías IPCC

Los contenidos de carbono nacionales presentan diferencias frente a los valores por defecto de las Directrices del IPCC de 2006, dado que estos últimos corresponden a referencias internacionales generales y no necesariamente reflejan la composición específica de los combustibles utilizados en el país. En los combustibles líquidos, las diferencias son bajas para gasolina motor, diésel y fuel oil, lo que muestra una correspondencia cercana entre los parámetros nacionales y los valores por defecto del IPCC. Para el petróleo, el queroseno y el GLP se observan diferencias moderadas, asociadas principalmente a las características del combustible y al poder calorífico inferior empleado.

Las diferencias más relevantes se presentan en el carbón mineral y el gas natural. En estos casos, el contenido de carbono por unidad de energía es particularmente sensible a la composición del combustible y al Poder calorifico. Para el carbón mineral, la diferencia puede estar relacionada con las características del carbón considerado en la información nacional frente al valor por defecto del IPCC, que corresponde a una referencia general. En el caso del gas natural, la diferencia puede explicarse por la composición de la mezcla de hidrocarburos y por el poder calorífico reportado para el energético nacional.

Paso 4: Carbono excluido

Este paso consiste en descontar del carbono total contenido en los combustibles aquellas cantidades que no dan lugar a emisiones de CO_2 por quema de combustibles fósiles y que, por tanto, no corresponden a la categoría 1A. Actividades de quema de combustibles. Este carbono puede permanecer almacenado en productos, ser utilizado como materia prima o agente reductor, o ser emitido posteriormente en otras categorías del inventario, dependiendo del uso final del energético.

En el método de referencia, el carbono excluido corresponde principalmente a los combustibles destinados a usos no energéticos, incluyendo materias primas para procesos industriales, reductores y otros usos en los que el combustible no se oxida directamente mediante combustión. La identificación y cuantificación de estos flujos constituye una de las etapas de mayor complejidad del método, dado que requiere diferenciar, dentro de las estadísticas energéticas, los usos combustibles de aquellos usos en los que el carbono no debe ser asignado a la categoría 1A.

Para la serie 1990–2024, se revisaron los flujos reportados en el BECO y la información complementaria disponible para identificar las principales fuentes de carbono excluido. A continuación, se describen los tratamientos considerados en la estimación.

Gas natural usados para procesos en refinación: Se identificó que una parte del gas natural destinado a refinerías se utiliza como insumo en procesos químicos propios de la refinación, y no necesariamente como combustible para generación de calor o energía. En particular, el gas natural puede ser empleado en procesos

como el reformado con vapor, mediante los cuales se produce hidrógeno utilizado posteriormente como insumo en diferentes operaciones de refinación.

Para evitar que este flujo sea contabilizado como emisión por combustión en el método de referencia, se estimó la cantidad de gas natural asociada a usos no energéticos en refinación. Esta cantidad se calculó como la diferencia entre el gas natural destinado a procesos de refinación reportado en el BECO y el gas natural informado por la empresa nacional de hidrocarburos como consumo con fines energéticos en la categoría 1A1b. Refinación de petróleo.

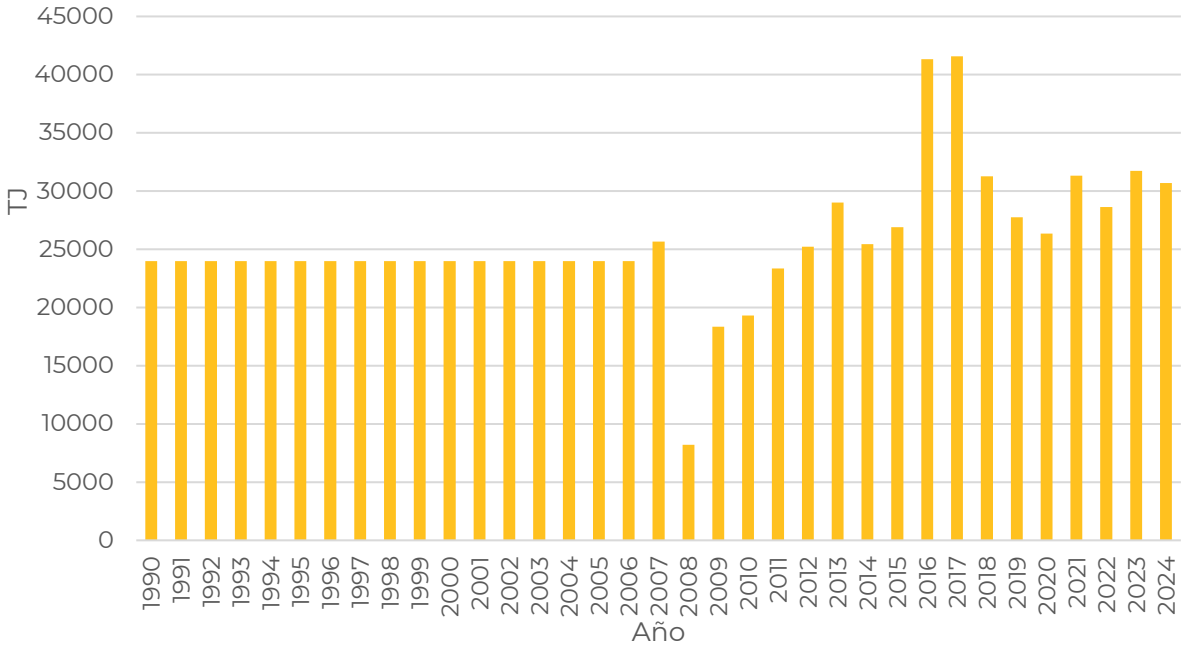


Figura 3-12. Método de referencia: Consumo de gas natural para procesos de refinación

Fuente: Elaboración propia

Otras Corrientes de Gas natural reportadas en el BECO: El BECO reporta otras corrientes de gas natural clasificadas como usos no energéticos. Estos valores fueron incorporados en la estimación del carbono excluido para la serie 1990–2024. Igualmente se incluye la cantidad de Gas natural usado para la producción de amoniaco.

La siguiente figura presenta la evolución anual de estas corrientes.

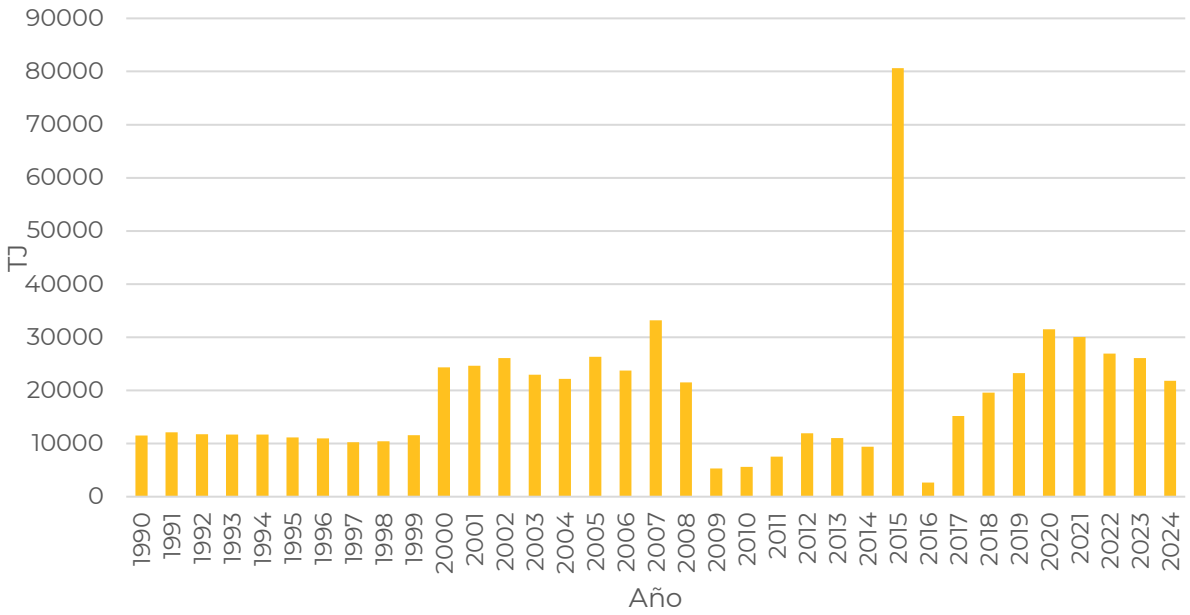


Figura 3-13. Método de referencia: Gas natural clasificado como usos no energéticos

Fuente: Elaboración propia

Productos derivados de la actividad de refinación: Dentro del carbono excluido también se consideraron productos derivados de la actividad de refinación cuyo uso final no corresponde directamente a la quema de combustibles en la categoría 1A. Para este tratamiento se incluyeron la producción nacional de grasas lubricantes, asfalto, coque de petróleo, etileno y negro de humo.

En estos casos, el carbono contenido en los productos puede permanecer incorporado en materiales, ser utilizado como insumo industrial o reportarse en flujos distintos a la combustión energética. Por esta razón, estos productos fueron identificados y tratados de forma diferenciada dentro del método de referencia.

La información utilizada para estimar estos flujos proviene de la Encuesta Anual Manufacturera, a partir de la cual se consultaron los datos de producción nacional disponibles para la serie 1990–2024. En el caso del coque de petróleo, se tuvo en cuenta su comportamiento dentro del balance nacional, considerando que para Colombia este producto se destina principalmente a exportación.

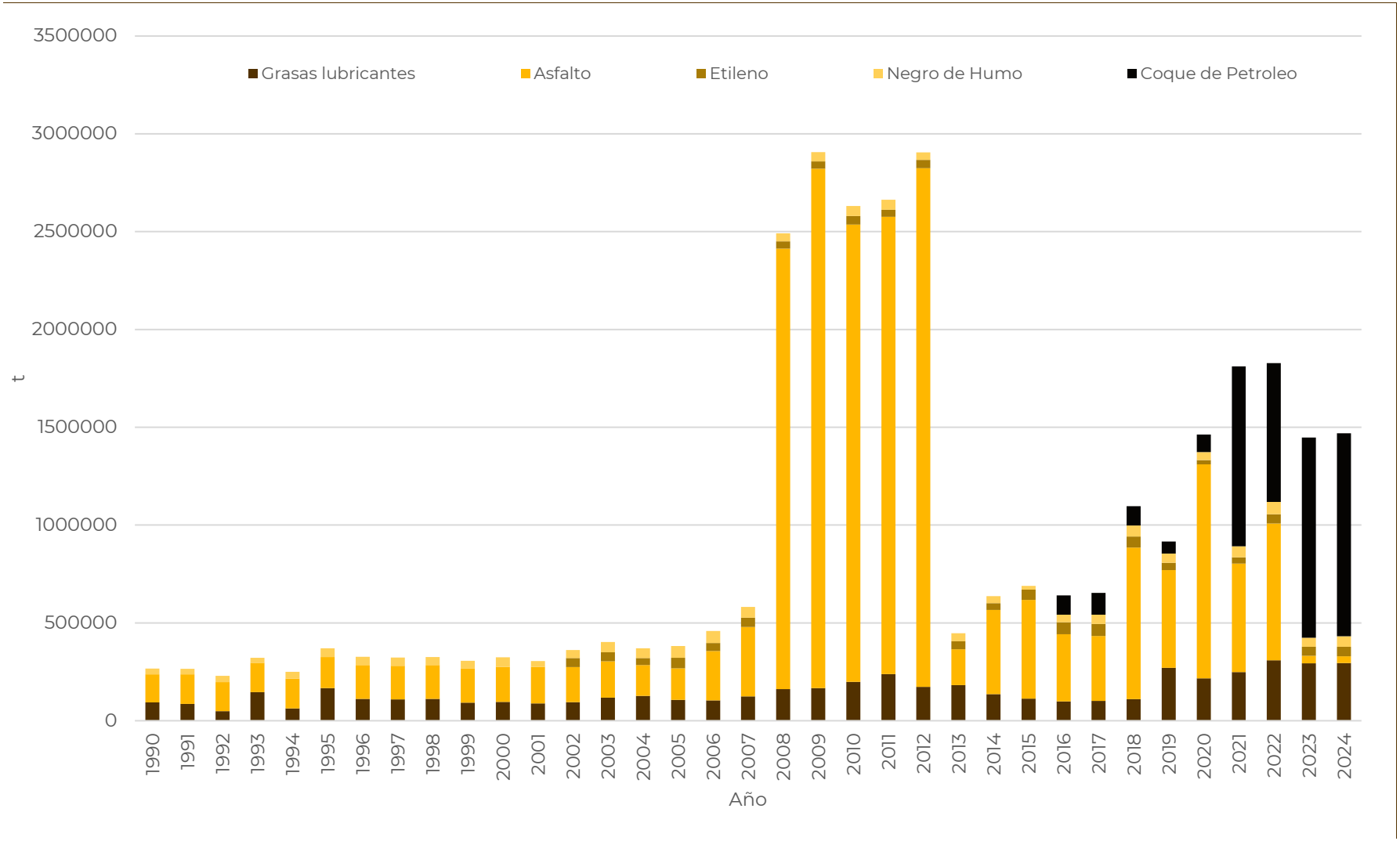


Figura 3-14. Método de referencia: Productos derivados de la actividad de refinación

Fuente: Elaboración propia

Otros usos de carbón: Dentro del carbono excluido se consideraron flujos de carbón asociados a usos distintos de la combustión directa en la categoría 1A. En primer lugar, se tuvo en cuenta la cantidad de carbón que ingresa a los procesos de elaboración de coque, de acuerdo con la información reportada en el BECO. Finalmente, se identificó el uso de carbón en procesos de reducción asociados a la industria del ferroníquel. Dado que las emisiones derivadas de este proceso son reportadas en la categoría 2C2. Producción de ferroaleaciones, el carbono correspondiente fue considerado dentro del carbono excluido del método de referencia, para evitar su asignación a emisiones por quema de combustibles en la categoría 1A.

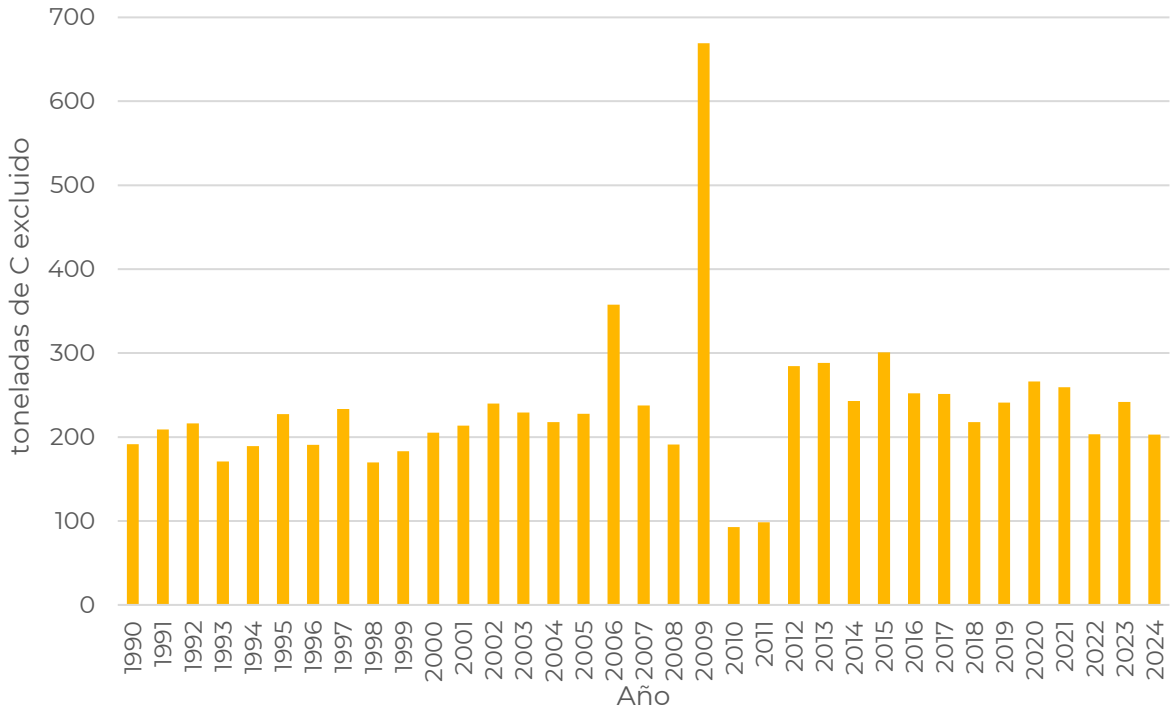


Figura 3-15. Método de referencia: Otros usos de carbón

Fuente: Elaboración propia

Paso 5: Corregir carbono sin oxidar y estimar las emisiones de CO_2

El último paso del método de referencia consiste en estimar las emisiones de CO_2 a partir del carbono disponible para oxidación, luego de descontar el carbono excluido identificado en los pasos anteriores. Para ello, se aplica una fracción de oxidación que representa la proporción del carbono contenido en los combustibles que efectivamente se oxida durante la combustión.

Aunque una fracción menor del carbono puede no oxidarse completamente durante el proceso de combustión, las Directrices del IPCC de 2006 señalan que, en ausencia de información nacional específica, puede asumirse oxidación completa. En consecuencia, para la aplicación del método de referencia en Colombia se empleó una fracción de oxidación igual a 1, equivalente al 100 % del carbono oxidado.

Finalmente, las emisiones de CO_2 se estimaron mediante la ecuación 6.1 de las Directrices del IPCC de 2006, utilizando como insumos el consumo aparente de combustibles, los contenidos de carbono, el carbono excluido y la fracción de oxidación definidos en los pasos anteriores.

$$\boldsymbol{Emisiones\ de\ CO2} = \sum_{\boldsymbol{todos\ los\ combustibles}} [((Consumo\ aparente_{combustible} * Factor\ conv_{combustible} * CC_{combustible} * \mathbf{10^{-3}} - Carbono\ excluido_{combustible}) * FOC_{combustible} * 44/12]$$

Dónde:

$\boldsymbol{Consumo\ aparente_{combustible}}$= producción + importaciones – exportaciones – tanques de combustibles internacionales – cambio en las existencias (TJ).

$Factor\ conv_{combustible}$ = factor de conversión para el combustible en unidades de energía (TJ) sobre una base de valor calórico neto

$Tanques\ internacionales_{combustible}$ = cantidad de combustible almacenado en tanques internacionales (TJ)

$CC_{combustible}$= Contenido de carbono (tonelada de C/TJ)

$Carbono\ excluido_{combustible}$= carbono en la alimentación a procesos y uso no energético excluido del combustible

$FOC_{combustible}$= Fracción de carbono que se oxida, normalmente el valor es 1, lo que refleja la oxidación completa. Se usan valores inferiores únicamente para justificar el carbono que queda retenido en forma indefinida en la ceniza o en el hollín.

44/12= relación del peso molecular del CO_2 al C.

La comparación entre el método de referencia y las emisiones estimadas para la categoría 1.A. Actividades de quema de combustibles muestra una mejora en la consistencia entre ambas aproximaciones a partir de 2009. En los años previos, las diferencias relativas son mayores y se mantienen principalmente positivas, lo que sugiere una menor correspondencia entre las estadísticas energéticas agregadas utilizadas en el método de referencia y la información sectorial empleada en el inventario. A partir de 2009, las diferencias se reducen de manera importante y oscilan en torno a cero, indicando una mayor coherencia entre las fuentes de información y los supuestos aplicados en ambos métodos.

Estas diferencias no deben interpretarse necesariamente como errores, sino como el resultado de la aplicación de dos enfoques metodológicos distintos. El método de referencia depende de la consistencia de la serie histórica del balance energético, incluyendo los criterios utilizados para reconstruir o armonizar datos de años anteriores. Por esta razón, es esperable que los primeros años de la serie presenten una mayor incertidumbre relativa, asociada tanto a la disponibilidad de información como a la metodología empleada por la UPME para consolidar los valores históricos del BECO.

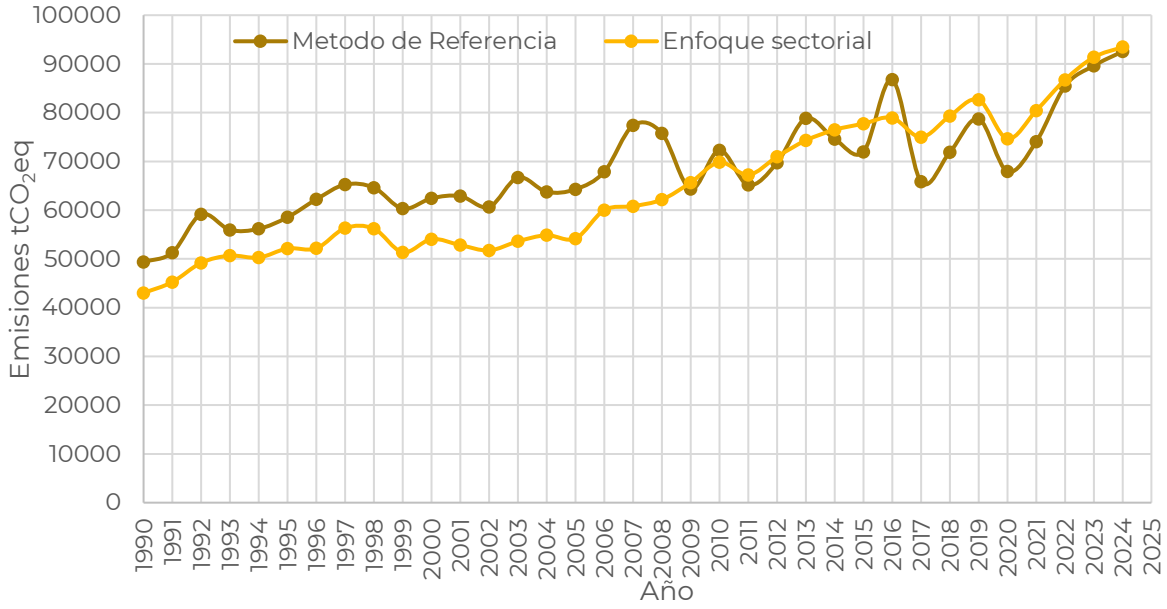


Figura 3-16. Método de referencia: Comparación método de referencia y enfoque sectorial

Fuente: Elaboración propia

3.2.4 Combustibles internacionales

3.2.4.1 Descripción y tendencia de las emisiones de los combustibles internacionales

Las emisiones asociadas a los combustibles internacionales corresponden al consumo de combustibles utilizado en actividades de aviación y navegación internacional que tienen origen en Colombia y destino en otro país. De acuerdo con las Directrices del IPCC, estas emisiones se reportan únicamente con fines informativos y

no se incluyen dentro de los totales nacionales de emisiones, debido a que no pueden ser atribuidas exclusivamente a un solo país.

En 2024, las emisiones de combustibles internacionales alcanzaron 519,2 kt CO_2eq. La mayor contribución correspondió a la aviación internacional (1.D.1.a), con 396,3 kt CO_2eq, equivalente al 76,3 % del total, mientras que la navegación internacional (1.D.1.b) aportó 122,9 kt CO_2eq, correspondientes al 23,7 %. En ambas subcategorías, las emisiones estuvieron compuestas casi en su totalidad por CO_2 (99,5 %), mientras que las contribuciones de CH_4 (0,1 %) y N_2O (0,3 %) fueron marginales.

Tabla 3-11. Combustibles internacionales: emisiones de GEI del transporte aéreo y marítimo (kt CO_2eq)

Subcategoría	*1990*	*1995*	*2000*	*2005*	*2010*	*2015*	*2020*	*2021*	*2022*	*2023*	*2024*
1.D.1.a. Aviación internacional (Aviación Bunker)	121,1	192,3	179,6	199,7	261,7	350,7	178,4	295,2	446,3	393,5	396,3
1.D.1.b. Navegación Internacional (Navegación Bunker)	137,6	246,8	313,7	501,9	44,3	452,6	68,1	94,2	128,1	122,5	122,9
1.D.1. Bunkers internacionales	**258,7**	**439,1**	**493,3**	**701,5**	**306,0**	**803,3**	**246,5**	**389,4**	**574,4**	**516,0**	**519,2**

Fuente: Elaboración propia

Como lo muestra la Figura 3-17, entre 1990 y 2024, las emisiones de combustibles internacionales presentaron una tendencia variable, pasando de aproximadamente 258 kt CO_2eq a 519 kt CO_2eq, lo que representa un incremento cercano al 101 %. Este comportamiento estuvo asociado principalmente al crecimiento de las actividades de transporte internacional de pasajeros y mercancías, así como al aumento del consumo de combustibles de aviación y navegación reportado en el país. La aviación internacional explicó la mayor parte de este crecimiento, reflejando la expansión sostenida de la conectividad aérea internacional durante las últimas décadas.

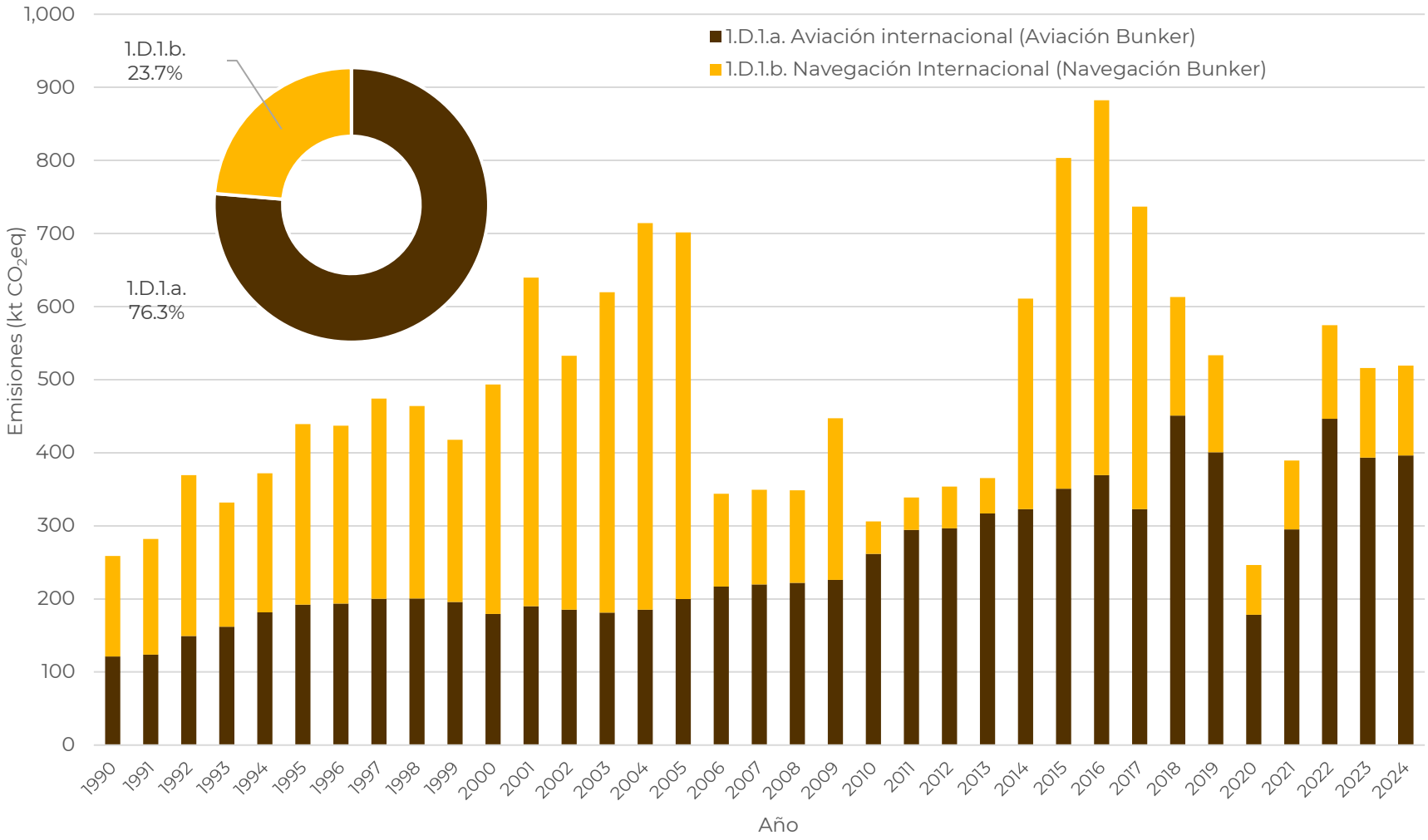


Figura 3-17. Combustibles internacionales: Emisiones de GEI del transporte aéreo y marítimo (kt CO_2eq), 1990-2024

Fuente: Elaboración propia

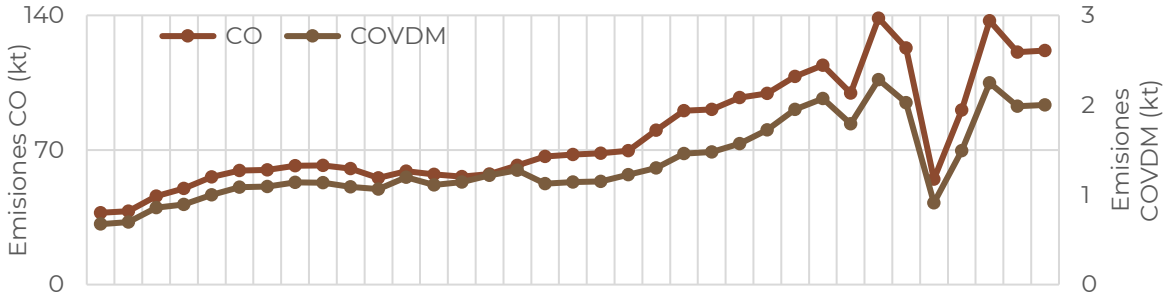
A lo largo de la serie temporal se observan fluctuaciones asociadas a cambios en la actividad del transporte internacional. La reducción más significativa ocurrió en 2020 como consecuencia de las restricciones a la movilidad y a los viajes internacionales derivadas de la pandemia por COVID-19. Posteriormente, las emisiones retomaron una trayectoria creciente como resultado de la recuperación de la actividad económica, el restablecimiento de las rutas internacionales y el aumento de la demanda de transporte aéreo y marítimo.

Tabla 3-12. Combustibles internacionales: Emisiones de carbono negro y contaminantes criterio del transporte aéreo y marítimo (kt)

1.D.1.a. Aviación internacional	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
CN	3,0E-03	4,7E-03	4,4E-03	4,9E-03	6,4E-03	8,6E-03	4,4E-03	7,2E-03	1,1E-02	9,7E-03	9,7E-03
CO	37,2	59,0	55,1	61,3	80,3	107,6	54,7	90,6	136,9	120,7	121,6
COVDM	0,6	0,9	0,9	1,0	1,3	1,7	0,9	1,4	2,2	1,9	1,9
NO_X	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4	0,2	0,3	0,5	0,4	0,4
PM_{10}	6,2E-03	9,8E-03	9,2E-03	1,0E-02	1,3E-02	1,8E-02	9,1E-03	1,5E-02	2,3E-02	2,0E-02	2,0E-02
$PM_{2.5}$	6,2E-03	9,8E-03	9,2E-03	1,0E-02	1,3E-02	1,8E-02	9,1E-03	1,5E-02	2,3E-02	2,0E-02	2,0E-02
SO_X	3,1E-02	4,9E-02	4,6E-02	0,1	0,1	0,1	4,6E-02	0,1	0,1	0,1	0,1
1.D.1.b. Navegación Internacional	**1990**	**1995**	**2000**	**2005**	**2010**	**2015**	**2020**	**2021**	**2022**	**2023**	**2024**
CN	2,6E-03	5,0E-03	6,2E-03	8,9E-03	7,8E-04	1,2E-02	1,3E-03	1,8E-03	2,4E-03	2,3E-03	2,3E-03
CO	0,2	0,3	0,4	0,7	0,1	0,5	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2
COVDM	0,1	0,1	0,2	0,3	2,8E-02	0,2	4,2E-02	0,1	0,1	0,1	0,1
NO_X	3,5	6,2	7,9	12,6	1,2	10,2	1,7	2,4	3,3	3,2	3,2
PM_{10}	0,1	0,2	0,2	0,2	1,8E-02	0,6	3,8E-02	4,9E-02	0,1	0,1	0,1
$PM_{2.5}$	0,1	0,2	0,2	0,2	1,8E-02	0,6	3,8E-02	4,9E-02	0,1	0,1	0,1
SO_2	0,2	0,5	0,6	0,5	3,1E-02	2,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
1.D.1. Bunkers internacionales	**1990**	**1995**	**2000**	**2005**	**2010**	**2015**	**2020**	**2021**	**2022**	**2023**	**2024**
CN	5,6E-03	9,7E-03	1,1E-02	1,4E-02	7,2E-03	2,0E-02	5,7E-03	9,0E-03	1,3E-02	1,2E-02	1,2E-02
CO	37,3	59,3	55,5	61,9	80,3	108,1	54,8	90,7	137,1	120,9	121,7
COVDM	0,7	1,1	1,1	1,3	1,3	2,0	0,9	1,5	2,2	2,0	2,0
NO_X	3,6	6,4	8,1	12,8	1,4	10,6	1,9	2,7	3,8	3,6	3,6
PM_{10}	0,1	0,2	0,2	0,2	3,1E-02	0,6	4,7E-02	0,1	0,1	0,1	0,1
$PM_{2.5}$	0,1	0,2	0,2	0,2	3,1E-02	0,6	4,7E-02	0,1	0,1	0,1	0,1
SO_2	0,2	0,5	0,6	0,5	3,1E-02	2,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
SO_X	3,1E-02	4,9E-02	4,6E-02	0,1	0,1	0,1	4,6E-02	0,1	0,1	0,1	0,1

Fuente: Elaboración propia

La figura a continuación presenta la evolución de las emisiones de carbono negro y contaminantes criterio asociadas a los combustibles internacionales utilizados en la aviación y navegación internacional. En 2024, las emisiones estuvieron dominadas por el CO, con 121,7 kt, seguido por los NO_x, con 3,6 kt, y los COVDM, con 2,0 kt. Por su parte, las emisiones de material particulado (PM_{10} y $PM_{2.5}$), carbono negro, SO_2 y otros SO_x representaron una fracción reducida del total. La mayor contribución provino de la aviación internacional, particularmente para CO y COVDM, mientras que la navegación internacional tuvo una participación más relevante en las emisiones de NO_x y material particulado.



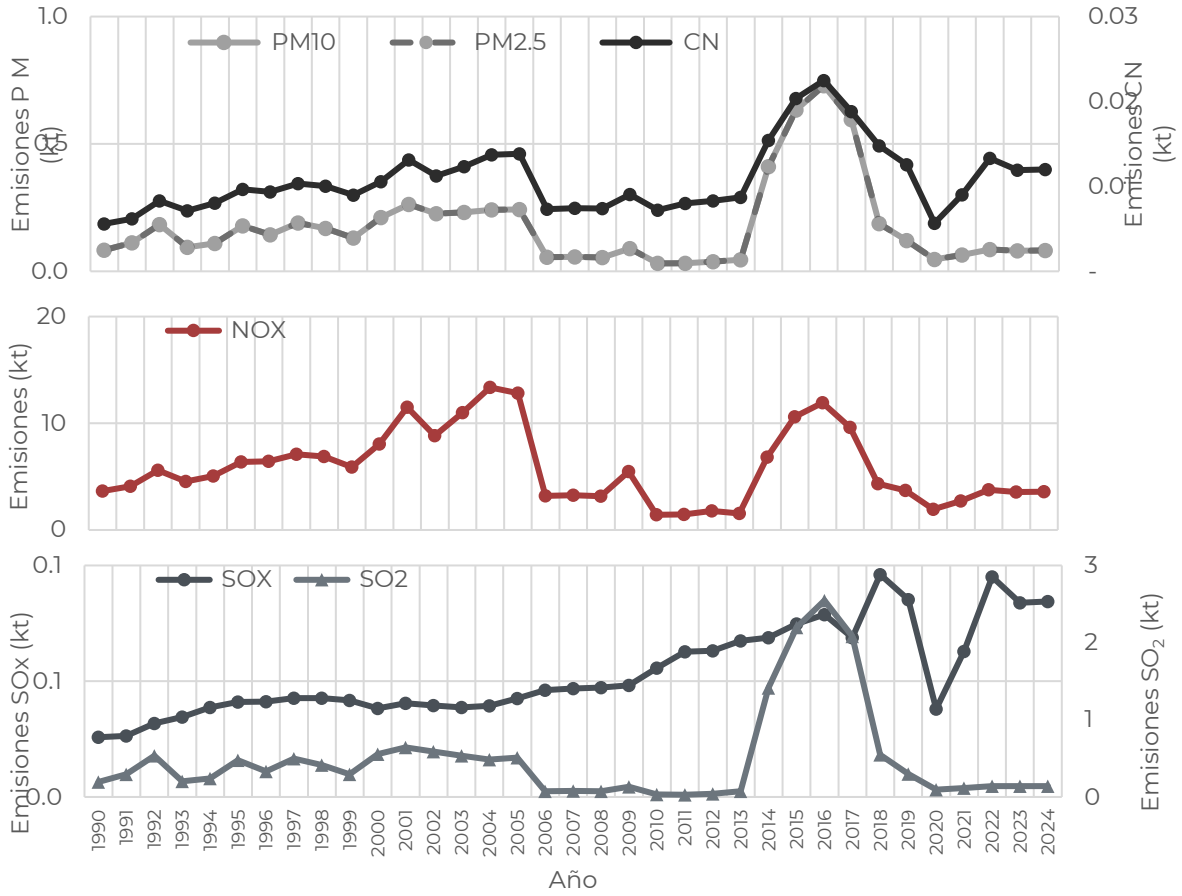


Figura 3-18. Combustibles internacionales: Emisiones de carbono negro y contaminantes criterio del transporte aéreo y marítimo (kt), 1990-2024

3.2.4.2 Aspectos metodológicos de los combustibles internacionales

Las estimaciones de los combustibles internacionales se desarrollaron siguiendo las Directrices del IPCC de 2006 y sus Refinamientos de 2019 para GEI, así como la Guía EMEP/EEA 2019 para carbono negro y contaminantes criterio. De conformidad con las Directrices del IPCC, las emisiones asociadas a la aviación internacional y la navegación internacional se estiman y reportan de manera separada de los totales nacionales, con fines exclusivamente informativos.

Las emisiones de GEI se calcularon utilizando el enfoque basado en consumo de combustible, mediante la multiplicación de los datos de actividad por los factores de emisión correspondientes para cada combustible y gas. Para CO_2 se emplearon principalmente factores de emisión nacionales (tier2) desarrollados en el estudio FECOC, mientras que las emisiones de CH_4 y N_2O se estimaron utilizando factores de emisión por defecto de las Directrices del IPCC (tier 1). Las estimaciones de carbono negro y contaminantes criterio se realizaron aplicando factores de emisión de la Guía EMEP/EEA 2019.

Los datos de actividad empleados para la estimación de las emisiones por búnkeres internacionales se derivaron de las mismas fuentes primarias utilizadas para la aviación doméstica (1.A.3.a) y la navegación doméstica (1.A.3.d), integrando el consumo energético del Balance Energético Colombiano (BECO) con los registros operativos de la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil (Aerocivil).

Para realizar la discriminación entre el consumo nacional e internacional, se aplicaron factores de distribución cambiantes en el tiempo, los cuales fueron adoptados de la metodología desarrollada en la Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático de Colombia. Estos factores permitieron la asignación de los consumos de combustibles internacionales en navegación y aviación hacia la subcategoría 1.D Aviación internacional y navegación internacional (búnkeres internacionales) y operaciones multilaterales, donde los datos de actividad correspondientes a la partición internacional se reportaron exclusivamente como elementos informativos, cumpliendo con la directriz de excluirlos de los totales nacionales del inventario del sector Energía.

3.2.5 Materias primas y uso no energético de los combustibles

En el inventario nacional de Colombia, el tratamiento de estos usos se realiza mediante la identificación y exclusión de los flujos correspondientes durante la aplicación del método de referencia, evitando la doble contabilización de emisiones entre el sector Energía y otros sectores del inventario, principalmente Procesos Industriales y Uso de Productos (IPPU). Para ello se emplea información del BECO y fuentes complementarias que permiten identificar los principales usos no energéticos de los combustibles. Entre estos se incluyen el gas natural utilizado como materia prima en procesos de refinación y producción de amoníaco, productos derivados de la refinación destinados a usos no energéticos, como asfaltos, grasas lubricantes, coque de petróleo, etileno y negro de humo, así como el carbón empleado en la producción de coque y en procesos de reducción de la industria del ferroníquel.

El tratamiento metodológico aplicado garantiza que las emisiones derivadas de estos usos sean reportadas en las categorías correspondientes del inventario nacional cuando aplique, manteniendo la consistencia entre sectores y evitando la doble contabilidad del carbono. Los procedimientos empleados para identificar y cuantificar estos flujos se describen con mayor detalle en la sección correspondiente al método de referencia (3.2.3).

3.2.6 Industrias de la energía (CRT 1.A.1)

3.2.6.1 Descripción y tendencia de la subcategoría

La categoría 1.A.1 Industrias de la energía comprende las emisiones derivadas de la quema de combustibles en actividades de generación y transformación de energía, incluyendo generación de electricidad, refinación de petróleo y otras actividades asociadas a la producción y procesamiento de combustibles (Gómez et al., 2006a). En Colombia, las emisiones de esta categoría están asociadas principalmente al uso de combustibles fósiles para generación termoeléctrica, refinación de petróleo, extracción y procesamiento de petróleo y gas natural, así como actividades relacionadas con la producción de coque y minería de carbón. Esta categoría agrupa las actividades en las que los combustibles son utilizados dentro de instalaciones del sector energético cuya función principal es la transformación de energía o de combustibles. Como se ve en la Figura 3-20 entre 1990 y 2024, las emisiones de esta categoría aumentaron de 9.966,5 kt CO_2eq a 29.198,6 kt CO_2eq, lo que representa un crecimiento cercano al 193 %. En 2024, la categoría 1.A.1 representó el 30,5 % de las emisiones de la categoría 1.A., con emisiones de 29.198,6 kt CO_2eq, constituyéndose como la segunda fuente más importante de emisiones por quema de combustibles después del transporte.

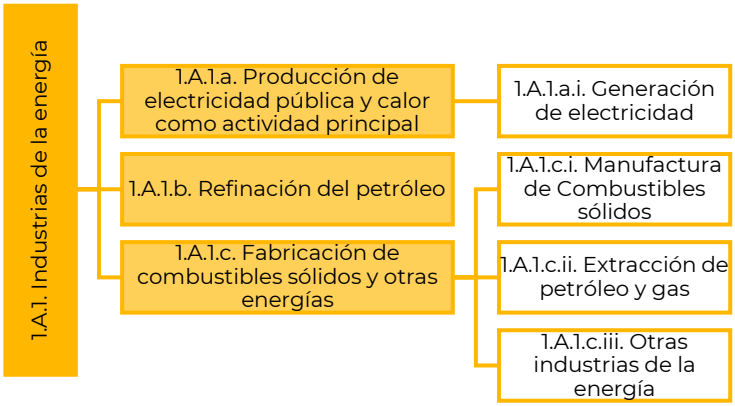


Figura 3-19. Industrias de la energía: Subcategorías estimadas en la subcategoría Industrias de la energía

- **1.A.1.a. Producción de electricidad pública y calor como actividad principal:** En Colombia, únicamente se estimó la subcategoría 1.A.1.a.i Generación de electricidad, debido a que no se identificaron actividades de dedicación exclusiva a generación combinada de calor y energía (CHP) ni plantas generadoras de calor. Las estimaciones incluyen tanto la generación eléctrica del SIN como la generación en ZNI, asociadas principalmente al consumo de carbón mineral, diésel oil, fuel oil y gas natural. Esta subcategoría en 2024 representó el 58,5 % del total de 1.A.1. Industrias de la energía. Durante 2024, la generación del SIN alcanzó 83.267,3 GWh, representando un incremento de 3,2 % respecto a 2023. En el mismo período, la generación con fuentes no renovables presentó un aumento de 31,31 %, asociado principalmente al incremento de la generación térmica con carbón, gas natural y ACPM, mientras que la generación renovable disminuyó 5,23 %, particularmente por la reducción de la generación hidráulica (XM, 2024). Este comportamiento estuvo asociado a condiciones climáticas que afectaron la disponibilidad hídrica y aumentaron el requerimiento de generación termoeléctrica para

suplir la demanda nacional de energía. A pesar de que la matriz eléctrica colombiana continúa siendo predominantemente hidroeléctrica, en los últimos años se observa una mayor participación de fuentes no renovables y un incremento gradual de proyectos de fuentes no convencionales de energía renovable. Asimismo, en las ZNI la generación eléctrica continúa dependiendo principalmente de combustibles líquidos, especialmente diésel. La subcategoría 1.A.1.a es la que más contribuye a las emisiones de 1.A.1. Las emisiones de esta subcategoría aumentaron de 13.443,9 kt CO_2eq en 2023 a 17.189,5 kt CO_2eq en 2024, lo que representa un incremento de 27,9 %. Este comportamiento estuvo asociado al aumento de la generación termoeléctrica requerida para atender la demanda de electricidad durante el período de influencia del fenómeno de El Niño.

- **1.A.1.b Refinación de petróleo:** En Colombia, las principales fuentes de información corresponden a datos reportados por Ecopetrol para las refinerías de Barrancabermeja y Cartagena, las cuales concentran la mayor capacidad de refinación del país. Las emisiones de esta subcategoría estuvieron asociadas principalmente al consumo de gas de refinería, el cual representó aproximadamente 68,8 % del consumo total de combustibles de la categoría en 2024, seguido por gas natural (20,6 %) y off gas (9,5 %). El predominio del gas de refinería responde a su uso intensivo como combustible interno en los procesos de refinación y generación de energía dentro de las instalaciones. En 2024, la subcategoría 1.A.1.b reportó emisiones de 3.615,3 kt CO_2eq, equivalentes aproximadamente al 12,5 % de las emisiones de 1.A.1. La tendencia histórica de la subcategoría refleja el comportamiento de la actividad de refinación y procesamiento de combustibles en el país.
- **1.A.1.c. Fabricación de combustibles sólidos y otras energías**: Para las emisiones de CO_2, la subcategoría 1.A.1.c.i. Manufactura de combustibles sólidos fue estimada utilizando metodologías Tier 1 debido a la ausencia de factores de emisión nacionales específicos, mientras que las subcategorías 1.A.1.c.ii y 1.A.1.c.iii se estimaron mediante metodologías Tier 2 empleando factores de emisión nacionales desarrollados en el estudio FECOC. En la Figura 3-21 se presenta el comportamiento de esta subcategoría a lo largo de la serie temporal. Particularmente, en 2024, la subcategoría 1.A.1.c reportó emisiones de 8.393,8 kt CO_2eq. La principal contribución correspondió a 1.A.1.c.ii Extracción de petróleo y gas, con 4.050,2 kt CO_2eq, equivalentes aproximadamente al 48,3 % de las emisiones de la subcategoría, seguida por 1.A.1.c.i Manufactura de combustibles sólidos con 2.242,1 kt CO_2eq (26,7 %) y 1.A.1.c.iii Otras industrias de la energía con 2.101,5 kt CO_2eq (25,0 %). A lo largo de la serie temporal, las emisiones de extracción de petróleo y gas presentaron los mayores niveles dentro de la subcategoría 1.A.1.c, asociados al crecimiento de las actividades extractivas y de procesamiento de hidrocarburos en el país. Por su parte, las emisiones de manufactura de combustibles sólidos mostraron un incremento importante a partir de mediados de la década de 2000, relacionado principalmente con el aumento en la producción de coque y otras actividades asociadas al procesamiento de carbón.

Tabla 3-13. Industrias de la Energía: Emisiones totales de GEI por fuente (kt CO_2eq)

Fuente	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
1.A.1.a. Producción de electricidad pública y calor como actividad principal	5.941,3	7.673,9	7.051,0	3.401,8	10.237,5	14.844,9	13.129,0	8.676,6	7.913,6	13.443,9	17.189,5
1.A.1.a.i. Generación de electricidad	5.941,3	7.673,9	7.051,0	3.401,8	10.237,5	14.844,9	13.129,0	8.676,6	7.913,6	13.443,9	17.189,5
1.A.1.b. Refinación del petróleo	2.185,5	2.413,0	2.748,4	2.819,7	2.773,8	2.464,4	3.479,7	3.526,8	3.519,5	3.626,2	3.615,3
1.A.1.c. Fabricación de combustibles sólidos y otras energías	1.839,7	2.158,1	4.401,2	5.180,4	8.792,1	8.564,4	7.547,4	7.666,3	8.441,7	8.453,3	8.393,8
1.A.1.c.i. Manufactura de Combustibles sólidos	346,5	369,7	304,7	257,0	1.393,1	1.129,2	1.892,1	2.282,0	2.478,1	2.000,7	2.242,1
1.A.1.c.ii. Extracción de petróleo y gas	917,5	1.064,4	3.020,8	3.244,8	5.308,8	4.905,7	4.039,5	3.901,1	3.942,9	4.062,5	4.050,2
1.A.1.c.iii. Otras industrias de la energía	575,7	724,0	1.075,7	1.678,6	2.090,2	2.529,5	1.615,8	1.483,2	2.020,7	2.390,2	2.101,5
1.A.1.Industrias de la energía	**9.966,5**	**12.245,1**	**14.200,6**	**11.402,0**	**21.803,4**	**25.873,7**	**24.156,1**	**19.869,8**	**19.874,8**	**25.523,4**	**29.198,6**

Fuente: Elaboración propia.

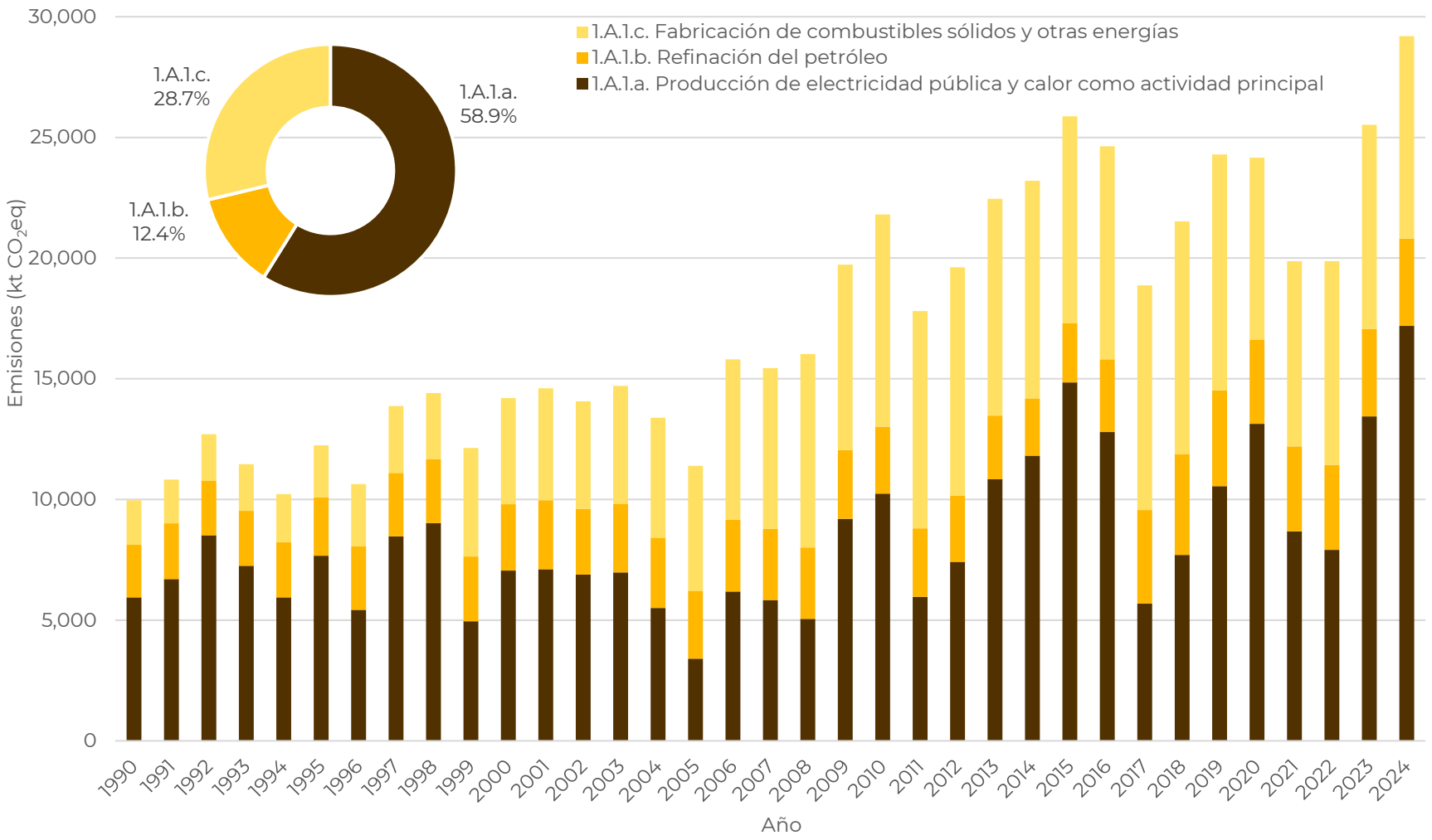


Figura 3-20. Industrias de la energía: Emisiones de GEI por subcategoría (kt CO_2eq), 1990-2024

Fuente: Elaboración propia

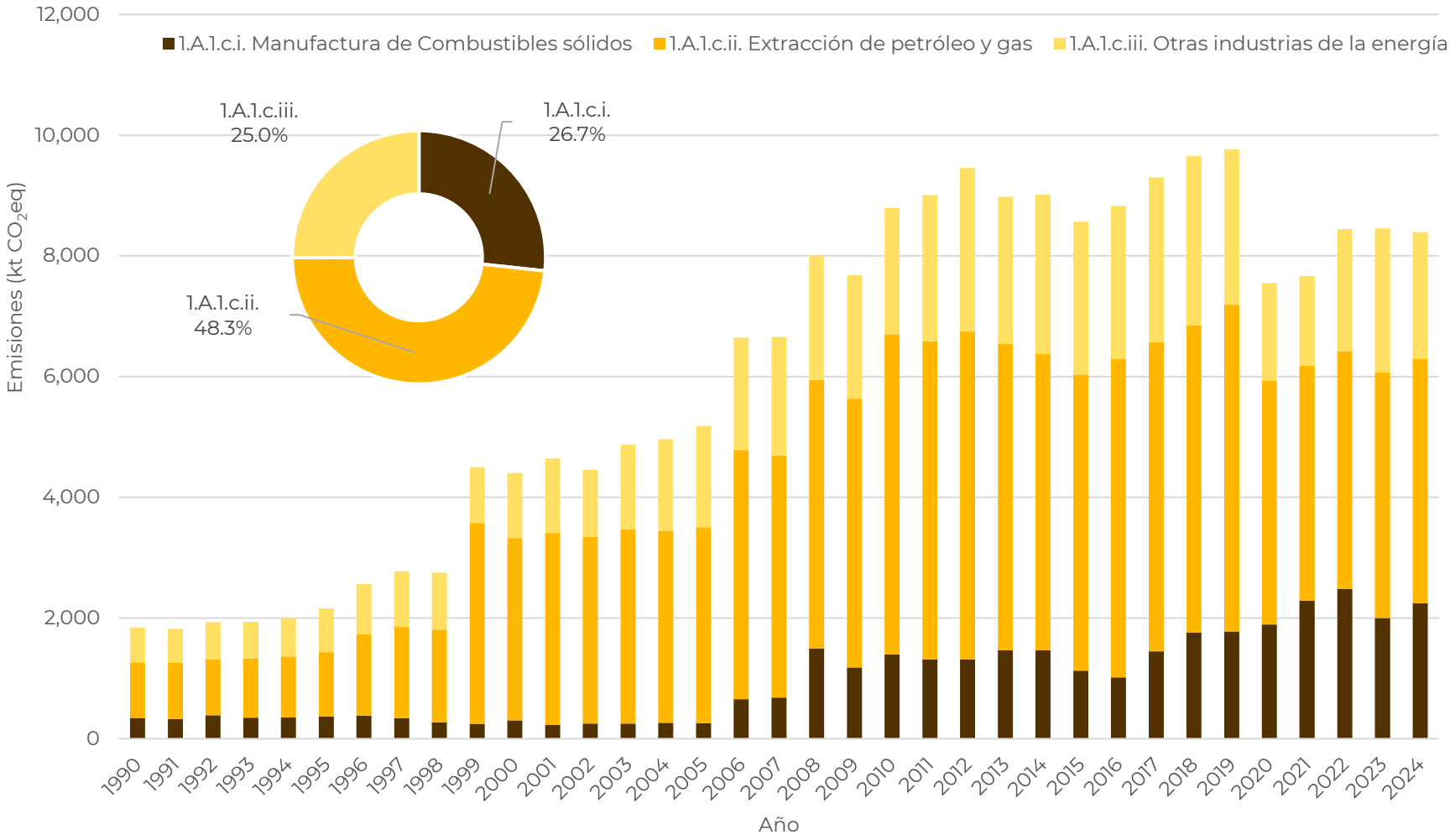


Figura 3-21. Fabricación de combustibles sólidos y otras energías: Emisiones de GEI por subcategoría (kt CO_2eq), 1990-2024

Fuente: Elaboración propia

La Figura 3-22 muestra que las emisiones de la categoría estuvieron dominadas por CO_2 durante toda la serie temporal. En 2024 este gas representó el 99,8 % de las emisiones de 1.A.1, con 29.128,3 kt CO_2eq, mientras que las contribuciones de CH_4 y N_2O fueron inferiores

La Figura 3-23 presenta la evolución de las emisiones de carbono negro y contaminantes criterio de la categoría 1.A.1 Industrias de la energía entre 1990 y 2024. En 2024, las emisiones estuvieron dominadas por los SO_x, con 337,9 kt, seguidos por los NO_x, con 49,7 kt. En menores proporciones se registraron emisiones de material particulado PM_{10} (13,3 kt), $PM_{2.5}$ (9,0 kt), CO (10,2 kt), carbono negro (4,0 kt) y COVDM (0,9 kt). La predominancia de SO_x y NO_x refleja la importancia de los procesos de combustión asociados a la generación termoeléctrica, la refinación de petróleo y otras actividades de transformación energética que conforman esta categoría.

Tabla 3-14. Industrias de la Energía: Emisiones por contaminante (kt CO_2eq o kt)

Fuente	*1990*	*1995*	*2000*	*2005*	*2010*	*2015*	*2020*	*2021*	*2022*	*2023*	*2024*
CO_2	9.946,1	12.218,5	14.176,5	11.379,6	21.760,1	25.810,3	24.096,7	19.830,2	19.837,3	25.463,6	29.127,7
CH_4	4,9	6,0	7,5	6,6	12,1	14,8	11,8	10,1	10,5	13,3	14,6
N_2O	15,5	20,6	16,6	15,8	31,2	48,6	47,6	29,6	27,0	46,5	56,3
1.A.1. Industrias de la energía	**9.966,5**	**12.245,1**	**14.200,6**	**11.402,0**	**21.803,4**	**25.873,7**	**24.156,1**	**19.869,8**	**19.874,8**	**25.523,4**	**29.198,6**
CN	0,6	0,7	0,6	0,5	2,5	2,0	3,3	4,0	4,4	3,5	4,0
CO	4,1	4,9	6,8	4,6	9,4	9,7	8,6	7,9	8,1	9,4	10,2
COVDM	0,4	0,4	0,5	0,4	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,8	0,9
NO_x	16,3	20,4	22,2	17,2	34,0	42,2	41,1	31,3	30,2	41,7	49,2
PM_{10}	2,2	2,5	2,1	1,9	8,2	7,3	11,1	12,8	13,7	11,7	13,1
$PM_{2.5}$	1,5	1,7	1,5	1,3	5,7	5,0	7,6	8,8	9,5	8,0	9,0
SO_x	87,0	119,8	71,5	66,4	145,2	255,4	293,0	158,9	130,6	261,9	336,4

Nota: Las emisiones de GEI son expresadas en kt CO_2eq y las emisiones de carbono negro y contaminantes criterio en kt. Fuente: Elaboración propia

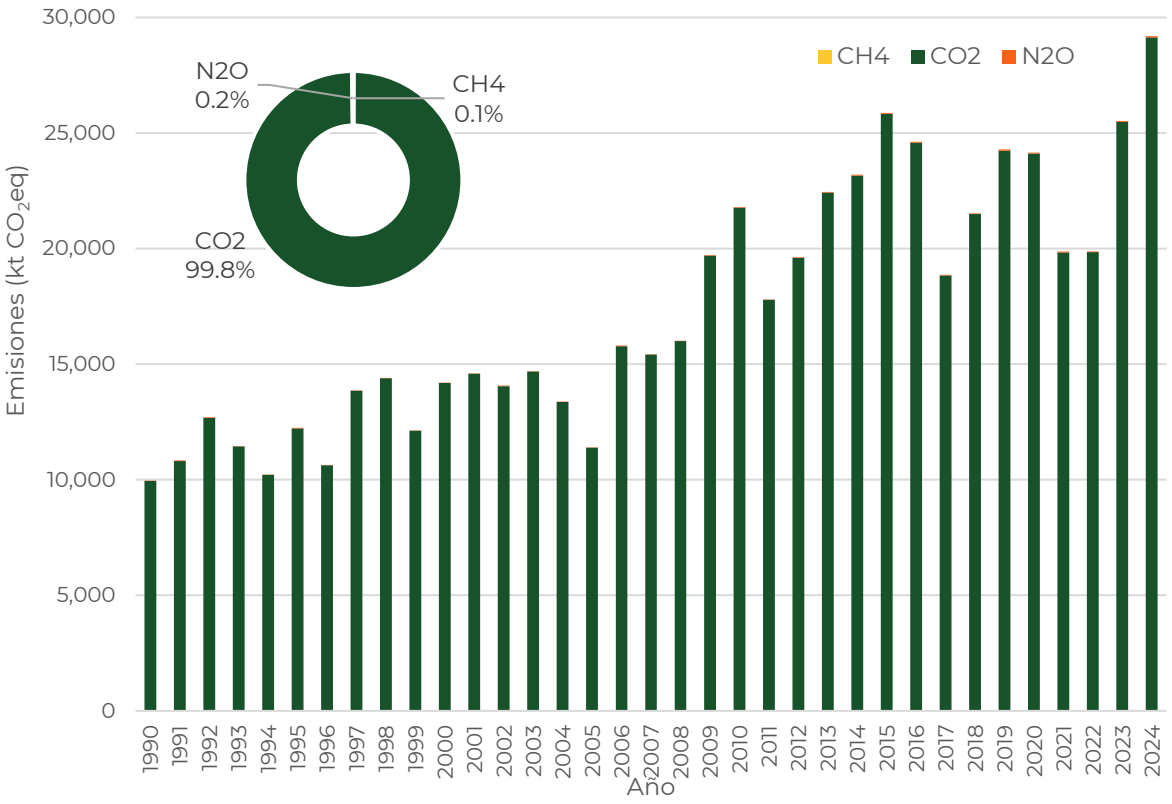


Figura 3-22. Industrias de la Energía: Emisiones por tipo de GEI (kt CO_2eq), 1990-2024.

Fuente: Elaboración propia

En términos de tendencia, la mayoría de los contaminantes presentaron incrementos respecto a 1990, en línea con el crecimiento de las actividades de generación y transformación de energía. Los mayores aumentos se observaron en SO_x, NO_x y material particulado, cuyas emisiones mostraron una tendencia ascendente durante las últimas dos décadas, aunque con fluctuaciones interanuales asociadas a cambios en los niveles de generación termoeléctrica y en el consumo de combustibles. En particular, durante 2024 se registró un aumento de las emisiones de varios contaminantes respecto al año anterior, consistente con el incremento de la generación térmica reportado para el Sistema Interconectado Nacional. Por su parte, las emisiones de CO y COVDM mostraron una evolución más moderada, mientras que el carbono negro mantuvo una tendencia creciente de largo plazo, alcanzando su máximo histórico al final de la serie.

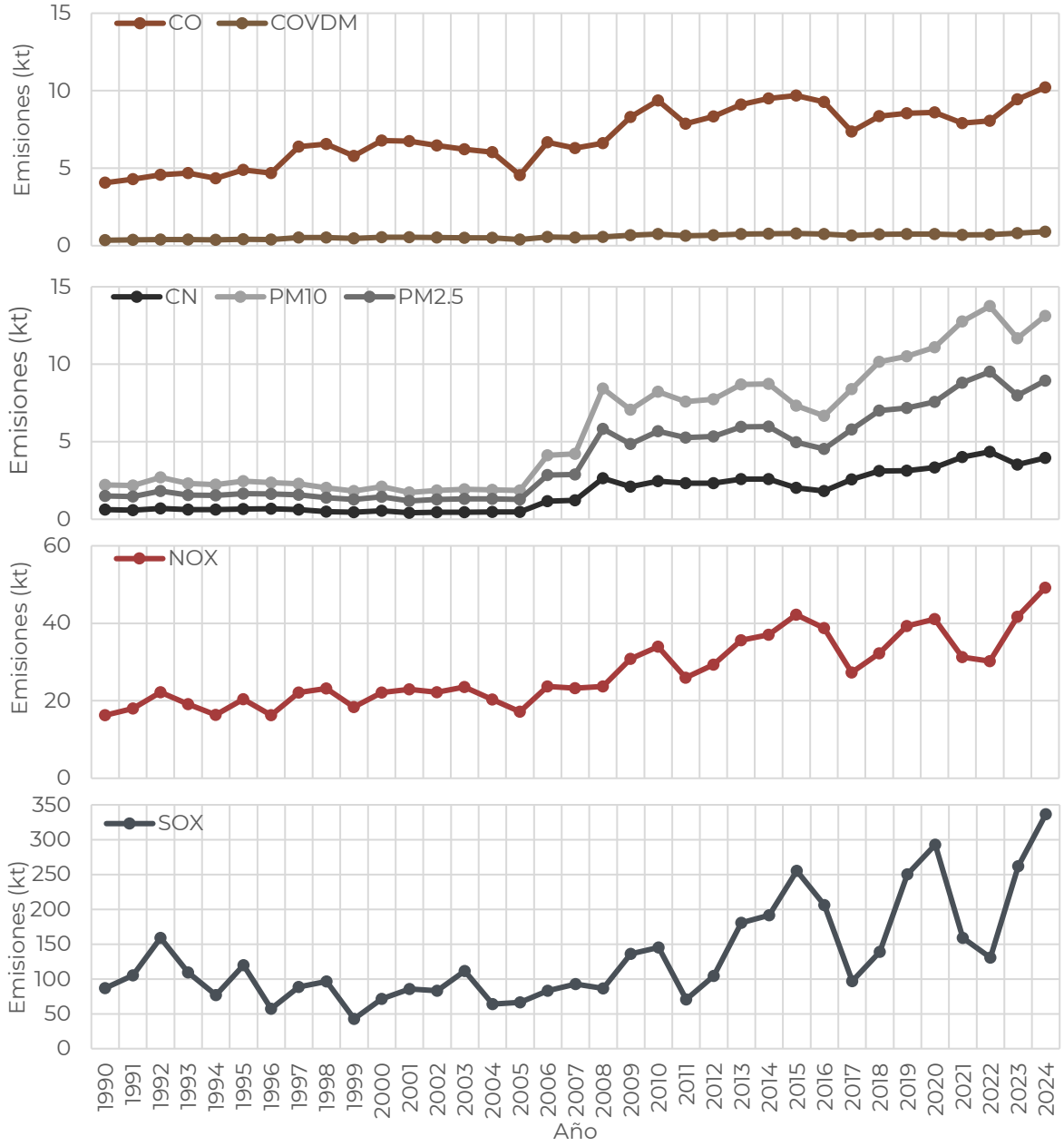


Figura 3-23. Industrias de la Energía: Emisiones de carbono negro y contaminantes criterio por contaminante (kt), 1990-2024

Fuente: Elaboración propia

3.2.6.2 Aspectos metodológicos de la subcategoría

La estimación de emisiones en la subcategoría 1.A.1 Industrias de la energía se realizó de acuerdo con el enfoque metodológico de las Directrices del IPCC de 2006 (Gómez et al., 2006a) y Guías EMEP/ EEA de 2019 (Trozzi et al., 2019) para contaminantes criterio y carbono negro. De acuerdo con las Directrices del IPCC, las emisiones de GEI provenientes de fuentes estacionarias se estiman principalmente a partir del consumo de combustible y los factores de emisión correspondientes. Como se ha mencionado previamente, para las emisiones de CO_2 se emplearon principalmente metodologías Tier 2 utilizando factores de emisión nacionales; sin embargo, la subcategoría 1.A.1.c.i Manufactura de combustibles sólidos fue estimada utilizando factores de emisión por defecto del IPCC (Tier 1), debido a la ausencia de factores de emisión nacionales específicos para esta actividad. Las emisiones de CH_4 y N_2O se estimaron principalmente mediante metodologías Tier 1. A continuación, se presenta el detalle metodológico utilizado para cada subcategoría y contaminante.

Tabla 3-15. Industrias de la Energía: Aspectos metodológicos

Subcategoría	Contaminante	Nivel (Tier)	No. Ecuación		Fuente
1.A.1.a.i. Generación de electricidad 1.A.1.b. Refinación del petróleo 1.A.1.c.ii. Extracción de petróleo y gas 1.A.1.c.iii. Otras industrias de la energía	CO_2, CH_4, N_2O	CO_2 - 2 CH_4 -1 N_2O - 1	V. 2, Ch. 2, Ec. 2.1	$Emisiones_{GEI} = Consumo\ de\ combustible_{combustible} * Factor\ de\ emisión_{GEI\ combustible}$ Dónde: $\boldsymbol{Emisiones_{GEI}}$= emisiones de un gas de efecto invernadero dado por tipo de combustible (kg GEI). $\boldsymbol{Consumo\ de\ combustible_{combustible}}$= cantidad de combustible quemado (TJ). $\boldsymbol{Factor\ de\ emisión_{GEI\ combustible}}$ = factor de emisión por defecto de un gas de efecto invernadero dado por tipo de combustible (kg gas TJ^{-1}). Para el caso del CO_2, incluye el factor de oxidación del carbono, que se supone es 1	IPCC, 2006
1.A.1.a.i. Generación de electricidad 1.A.1.b. Refinación del petróleo 1.A.1.c.i. Manufactura de Combustibles sólidos 1.A.1.c.ii. Extracción de petróleo y gas 1.A.1.c.iii. Otras industrias de la energía	CN, CO, COVDM, NOx, PM_{10}, PM2.5, SOx	1	V. 1, Ch. 1.A.1, Ec. 1	$E_{contaminante} = AR_{Consumo\ de\ combustible} \times EF_{Contaminante}$ $\mathbf{E_{contaminante}}$ = emisión anual del contaminante. $\mathbf{EF_{contaminante}}$ = factor de emisión del contaminante. $\mathbf{AR_{consumo\ de\ combustible}}$ = tasa de actividad asociada al consumo de combustible	EMEP/EEA, 2019
1.A.1.c.i. Manufactura de Combustibles sólidos	CO_2, CH_4,	1	V. 3, Ch. 4, Ec. 4.1	$E_{contaminante} = Coque * FE_{Contaminante}$ Dónde: E_{CO2} o E_{CH4} = emisiones de CO_2 o de CH_4 generadas por la producción de coque, toneladas de CO_2 o toneladas de CH_4. *Coque* = cantidad de coque producido *FE* = factor de emisión, toneladas de CO_2/tonelada de producción de coque o toneladas de CH_4/tonelada de producción de coque.	IPCC, 2006

3.2.6.2.1 Datos de actividad de la subcategoría

Los datos de actividad utilizados para la estimación de emisiones en la subcategoría 1.A.1 se obtuvieron a partir de fuentes oficiales nacionales, incluyendo sistemas sectoriales de información, el BECO (Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), 2025) y registros administrativos de entidades como el Ministerio de Minas y Energía, la UPME, la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD) y el operador del Sistema Interconectado Nacional ((XM S.A. E.S.P., 2024)). Estas fuentes proporcionaron información sobre el consumo de combustibles y otras variables asociadas a la actividad principal de producción de electricidad pública, con niveles de cobertura y desagregación diferenciados según la subcategoría y el periodo de análisis.

Los poderes caloríficos de los combustibles, requeridos en algunos casos para la conversión de unidades, se adoptaron a partir de los valores reportados en el BECO, en consistencia con las fuentes de datos de actividad empleadas. En particular, para la subcategoría 1.A.1.a Producción de electricidad pública y calor como actividad principal, los datos de actividad del Sistema Interconectado Nacional (SIN) se convirtieron de unidades energéticas originales (MBTU) a TJ, mientras que para las Zonas No Interconectadas (ZNI), el consumo de diésel oil se convirtió de galones a TJ. Para la subcategoría 1.A.1.c.i Manufactura de combustibles sólidos, los datos de

producción de coque se convirtieron de kilotoneladas (kt) a toneladas (t). Para esta subcategoría no aplicó el uso de biomasa con fines energéticos.

Con el fin de garantizar la coherencia de la serie temporal, se realizaron recálculos de las series de datos de actividad en los casos en que se identificaron cambios o mejoras en las fuentes de información o en los sistemas de reporte. En particular, los recálculos respondieron a: (i) actualizaciones en las fuentes de datos utilizadas y (ii) la reevaluación de la disponibilidad y calidad de la información, mediante la cual se incorporaron fuentes consideradas más representativas, con mayor coherencia temporal y/o con un mayor nivel de desagregación, incluyendo, cuando fue posible, la desagregación subnacional.

Para los periodos con ausencia o discontinuidad de datos, se aplicaron técnicas de empalme, principalmente mediante el uso de datos sustitutos (proxy) y esquemas de reconstrucción y desagregación de series. La selección de estas técnicas se basó en la disponibilidad de información, la representatividad de las variables utilizadas y la consistencia de las tendencias resultantes.

Los supuestos adoptados se asociaron principalmente a la estabilidad de las relaciones entre las variables sustitutas y los datos de actividad, así como a la consistencia de las estructuras sectoriales y espaciales utilizadas en la estimación. Las principales brechas y barreras se relacionaron con la disponibilidad, cobertura y continuidad de la información histórica, así como con cambios o quiebres en la serie temporal asociados a las fuentes de datos a lo largo del tiempo, los cuales fueron abordados mediante recálculos y técnicas de empalme.

La Tabla 3-16 presenta las fuentes de información de los datos de actividad utilizados en la subcategoría 1.A.1 Industrias de la energía, incluyendo los periodos de cobertura, las fuentes de información y las consideraciones metodológicas asociadas, tales como la aplicación de técnicas de empalme y recálculo de las series temporales.

Tabla 3-16. Industrias de la energía: Fuente de información de datos de actividad

Dato de actividad		Periodo	Fuente	Observación
1.A.1.a. Producción de electricidad pública y calor como actividad principal				
1.A.1.a.i. Generación de electricidad	Consumo anual de combustibles fósiles - SIN	1990-2004	Técnica de Técnica de empalme: DANE (Población municipal)	Para el periodo 1990–2004, los datos de actividad se reconstruyeron mediante técnicas de empalme.
		2005-2024	XM - Sinergox (Históricos de consumos)	Se realizó el recálculo de la serie temporal completa por cambio de fuente de datos. Datos de actividad a escala municipal.
	Consumo anual de combustibles fósiles - ZNI	1990-2007	Técnica de empalme: SSPD (SUI)	Para el periodo 1990–2007, los datos de actividad se reconstruyeron mediante técnicas de empalme.
		2008-2024	SSPD - SUI (Consolidado de información técnica operativa)	Se realizó el recálculo de la serie temporal completa por cambio de fuente de datos. Datos de actividad a escala municipal.
1.A.1.b. Refinación del petróleo	Consumo anual de combustibles fósiles en actividades de refinación de petróleo	1990-2009	Técnica de empalme: MRVme (Cantidad de petróleo refinado)	Para el periodo 1990–2009, los datos de actividad se reconstruyeron mediante técnicas de empalme.
		2010-2024	Minenergía - MRVme (información reportada por Ecopetrol)	Se realizó el recálculo de la serie temporal completa por cambio de fuente de datos.
	Consumo anual de combustibles fósiles (gasolina, GLP y querosene) en actividades de refinación de petróleo	1990-2024	UPME – BECO	Se realizó de recalculo de la serie temporal completa por actualización de la fuente. Serie disponible 1990–2024.
1.A.1.c. Fabricación de combustibles sólidos y otras energías				
1.A.1.c.i. Manufactura de combustibles sólidos	Producción anual de coque	1990-2024	UPME – BECO	Se realizó el recálculo de la serie temporal completa por actualización de la fuente de datos. Serie disponible 1990–2024.
1.A.1.c.ii. Extracción de petróleo y gas	Consumo anual de combustibles fósiles en actividades de extracción de petróleo y minería de carbón	1990-2009	Técnica de empalme: UPME (Producción de petróleo)	Para el periodo 1990–2009, los datos de actividad se reconstruyeron mediante técnicas de empalme.
		2010-2024	Minenergía – MRVme	Se realizó el recálculo de la serie temporal completa por actualización de la fuente de datos.
1.A.1.c.iii. Otras industrias de la energía	Consumo anual de combustibles fósiles en actividades de minería de carbón	1990-2009	Técnica de empalme: UPME (Producción de carbón en minas)	Para el periodo 1990–2009, los datos de actividad se reconstruyeron mediante técnicas de empalme.
		2010-2024	Minenergía – MRVme	Se realizó el recálculo de la serie temporal completa por actualización de la fuente de datos.

Nota: SIN: Sistema Interconectado Nacional; ZNI: Zona No Interconectada. DANE: Departamento Administrativo Nacional de Estadística; XM: Compañía de expertos en mercados S.A. E.S.P.; SSPD: Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios; SUI: Sistema Único de Información; Minenergía: Ministerio de Minas y Energía; MRVme: Sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación del sector Minero-Energético; UPME: Unidad de Planeación Minero energética. BECO: Balance Energético Colombiano. Fuente: Elaboración propia.

Las técnicas de empalme descritas a continuación se aplicaron conforme a la orientación del Capítulo 5 de las Directrices del IPCC (2006) sobre coherencia de la serie temporal. A continuación, se presentan las técnicas implementadas en las subcategorías de la categoría 1.A.1. Industrias de la energía, en función de la disponibilidad de información histórica.

- **1.A.1.a. Producción de electricidad pública y calor como actividad principal**

Sistema Interconectado Nacional (SIN): Para el periodo 1990–2004, ante la ausencia de datos de actividad, se aplicó la técnica de empalme mediante datos sustitutos (proxy). La población municipal se utilizó como variable sustituta para estimar la evolución temporal y la distribución espacial de los datos de actividad a nivel municipal (XM S.A. E.S.P., 2024), tomando como referencia el año más cercano con información disponible, en concordancia con la orientación del IPCC sobre el uso de datos indicativos para completar series temporales en ausencia de datos directos. Los datos sustitutos se construyeron a partir de las proyecciones y retroproyecciones de población con base en el Censo Nacional de Población y Vivienda 2018 (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2023a).

Zonas No Interconectadas (ZNI): Para la reconstrucción de la serie temporal y su desagregación espacial del consumo de diésel en ZNI, se aplicó un esquema de empalme y desagregación consistente con la orientación del IPCC sobre coherencia de la serie temporal. Para el periodo 1990–2007, ante la ausencia de datos directos de actividad, el total nacional se estimó mediante técnicas de empalme basadas en la evaluación de métodos alternativos (ratio, log-log, lineal y robusto). La serie adoptada se seleccionó según criterios de desempeño, estabilidad temporal y consistencia con los datos observados del Sistema Único de Información -SUI de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios para el periodo 2008–2024 (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2024a), utilizados como anclaje. Para 2008–2024, se emplearon directamente los datos municipales del SUI, a partir de los cuales se derivaron pesos promedio para el periodo 2008–2017 como referencia para la desagregación.

La desagregación municipal del periodo 1990–2007 se realizó mediante datos sustitutos (proxy), utilizando como variable principal la energía activa generada anual por municipio (MWh), estimada a partir de datos de telemetría para el periodo 2020–2024. Se evaluó la población como proxy alternativo, la cual fue descartada. La asignación se efectuó mediante pesos normalizados basados en MWh, manteniendo invariantes los totales nacionales y asegurando la coherencia con los años con datos observados, en concordancia con la orientación del IPCC sobre el uso de datos indicativos para completar series temporales en ausencia de datos directos. Los datos sustitutos se construyeron a partir del conjunto de datos abiertos de ZNI, correspondiente al Informe del estado de la prestación del servicio de energía en ZNI de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2023).

- **1.A.1.b. Refinación del petróleo; 1.A.1.c.ii. Extracción de petróleo y gas; 1.A.1.c.iii. Otras industrias de la energía**

Para el periodo 1990–2009, ante la ausencia de datos de actividad, se aplicó una técnica de empalme mediante datos sustitutos (proxy). La evolución temporal de los datos de actividad se estimó utilizando variables sustitutas específicas por subcategoría, tomando como referencia los años con información disponible: (i) cantidad de petróleo refinado para la refinación del petróleo; (ii) producción de petróleo para la extracción de petróleo y gas; y (iii) producción de carbón en minas para otras industrias de la energía.

Los datos sustitutos se construyeron a partir de la información suministrada por el Ministerio de Minas y Energía, a través del Sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación del sector Minero-Energético (MRVme) e información procedente de la UPME, a través del estudio "Capacidad instalada de autogeneración y cogeneración en el sector de industria, petróleo, comercio y público del país", desarrollado por el Consorcio HART-RE (Consorcio HART-RE, 2020) y del Sistema de Información Minero Colombiano – SIMCO (Unidad de Planeación Minero Energética, 2024).

En la Tabla 3-17 se presentan los datos de actividad de la subcategoría 1.A.1. Industrias de la energía por combustible.

Tabla 3-17. Industrias de la energía: datos de actividad por combustible o fuente de GEI, carbono negro y contaminantes criterio (TJ; t)

1.A.1.a. Producción de electricidad pública y calor como actividad principal						
Año	Carbón mineral SIN (TJ)	Diésel oil SIN (TJ)	Diésel oil ZNI (TJ)	Fuel oil SIN (TJ)	Gas natural SIN (TJ)	Querosene SIN (TJ)
1990	26.813,7	666,3	1.013,1	839,2	60.721,4	NO
1991	32.624,5	555,1	1.051,6	1.318,7	64.591,2	NO
1992	49.351,8	108,5	1.087,1	4.405,9	66.680,7	NO
1993	34.036,3	119,6	1.128,9	757,1	73.487,6	NO
1994	23.439,6	71,7	1.153,1	838,5	66.769,7	NO
1995	37.207,7	697,8	1.171,8	934,6	74.939,5	NO
1996	17.016,0	713,1	1.183,3	902,5	66.626,4	NO
1997	27.005,9	708,9	1.192,9	934,6	105.586,7	NO
1998	29.249,2	294,9	1.199,9	1.177,4	111.991,4	NO
1999	11.557,9	279,1	1.207,9	744,0	67.726,0	NO
2000	21.455,1	285,2	1.196,4	540,6	89.905,6	NO
2001	26.286,9	283,5	1.209,3	540,6	83.242,1	NO
2002	25.211,2	418,7	1.220,8	475,1	80.896,9	NO
2003	34.147,0	427,8	1.232,3	731,7	67.801,9	NO
2004	18.838,0	425,3	1.243,9	682,6	65.901,0	NO
2005	19.409,8	17,4	1.255,6	201,8	28.274,1	4,9
2006	23.248,0	6,1	1.267,1	602,3	71.723,4	2,0
2007	26.767,3	23,2	1.278,5	426,6	59.891,5	NO
2008	23.262,6	4,3	1.290,0	235,0	51.843,1	NO
2009	39.151,2	2.273,0	390,1	1.156,3	97.797,8	65,3
2010	41.529,6	3.943,7	1.411,4	2.123,2	107.804,4	13,5
2011	17.671,0	40,4	1.147,9	1.676,5	75.288,1	NO
2012	28.375,6	1.725,8	1.781,4	2.459,1	79.937,7	83,2
2013	52.771,1	1.633,1	1.768,5	1.854,6	103.632,4	96,1
2014	56.197,5	1.309,2	2.037,9	1.561,8	116.369,4	29,9
2015	76.416,0	12.371,7	2.339,4	7.389,5	114.530,4	470,9
2016	60.454,9	16.190,1	2.629,4	8.072,8	96.240,5	727,6
2017	25.576,2	77,9	2.223,4	750,4	57.561,0	NO
2018	38.320,3	156,9	4.284,4	1.812,9	68.924,4	NO
2019	74.347,4	241,0	4.180,7	575,3	64.640,5	NO
2020	88.646,5	147,6	3.961,9	253,7	89.083,9	NO
2021	44.774,9	177,9	4.679,9	242,3	77.898,7	NO
2022	35.079,2	193,9	4.458,0	604,7	79.383,1	NO
2023	78.070,8	4.212,6	4.979,4	1.434,0	103.122,9	NO
2024	101.764,5	6.410,9	5.173,9	956,9	130.223,5	NO

1.A.1.b. Refinación del petróleo							
Año	Diésel oil (TJ)	Gas de refinería (TJ)	Gas natural (TJ)	Gasolina (TJ)	GLP (TJ)	Off gas (TJ)	Querosene (TJ)
1990	NO	33.080,2	3.962,3	139,7	131,3	1.043,8	46,3
1991	NO	34.895,2	4.179,7	89,6	146,5	1.101,1	47,0
1992	NO	34.238,5	4.101,0	198,3	163,5	1.080,3	47,6
1993	NO	34.440,2	4.125,2	85,8	182,3	1.086,7	48,2
1994	NO	34.538,3	4.136,9	196,2	204,6	1.089,8	48,9
1995	NO	36.523,9	4.374,7	306,5	226,9	1.152,5	49,5
1996	NO	40.051,1	4.797,2	301,2	253,2	1.263,7	50,2
1997	NO	39.639,5	4.747,9	314,5	226,9	1.250,8	51,8
1998	NO	40.003,4	4.791,5	307,6	227,6	1.262,2	49,0
1999	NO	40.521,8	4.853,6	281,8	233,5	1.278,6	55,6
2000	NO	41.600,1	4.982,8	181,3	233,5	1.312,6	70,7
2001	NO	43.199,6	5.174,3	181,3	233,5	1.363,1	70,7
2002	NO	41.259,4	4.941,9	181,3	233,5	1.301,9	70,7
2003	NO	43.167,5	5.170,5	181,3	233,5	1.362,1	72,6
2004	NO	44.063,1	5.277,8	197,2	255,5	1.390,3	70,7
2005	NO	42.679,6	5.112,1	218,6	227,2	1.346,7	70,7
2006	NO	44.913,1	5.379,6	0,5	6.632,4	1.417,2	NO
2007	NO	44.663,2	5.349,6	0,4	13.100,6	1.409,3	NO
2008	NO	44.750,3	5.360,1	1,7	15.306,6	1.412,0	0,7
2009	NO	43.051,0	5.156,5	0,4	3.353,5	1.358,4	0,7
2010	NO	41.984,5	5.028,8	1,0	1.503,3	1.324,8	0,4
2011	NO	42.912,4	5.045,3	1,4	1.377,1	1.329,1	0,0
2012	NO	41.774,6	4.911,3	1,3	2.121,0	1.293,8	0,2
2013	NO	42.623,5	2.340,8	0,9	3.013,1	888,0	0,5
2014	NO	37.547,2	2.982,8	2,3	3.459,7	647,0	0,0
2015	NO	38.829,8	3.314,0	3,4	130,6	745,2	0,0
2016	4,3	45.401,2	6.148,3	3,2	161,5	904,8	0,0
2017	9,5	54.548,7	6.309,5	2,4	155,1	6.737,2	0,1
2018	133,6	50.543,5	14.381,6	2,7	183,2	7.977,1	0,9
2019	10,4	47.419,7	14.753,9	2,1	353,2	7.493,7	0,1
2020	10,3	41.717,5	13.027,6	2,5	332,3	6.285,9	0,1
2021	10,4	41.046,4	14.253,2	7,6	373,5	6.604,5	0,1
2022	38,8	42.882,3	12.861,3	6,1	656,6	5.921,8	0,4
2023	39,9	44.183,0	13.251,4	5,7	660,6	6.101,5	0,4
2024	39,8	44.049,8	13.211,5	5,5	637,2	6.083,1	0,4

1.A.1.c. Fabricación de combustibles sólidos y otras energías								
Año	1.A.1.c.i. Producción de Coque (t)	1.A.1.c.ii. Gas natural (TJ)	GLP (TJ)	Petróleo (TJ)	Diésel oil (TJ)	1.A.1.c.iii. Gas natural (TJ)	Diésel oil (TJ)	Gasolina (TJ)
1990	618.708,8	13.748,7	NO	1.961,3	NO	974,4	6.927,1	85,5
1991	582.861,9	13.872,3	NO	2.057,5	NO	953,6	6.779,2	83,7
1992	694.751,8	13.628,4	NO	2.158,5	NO	1.042,6	7.411,7	91,5
1993	625.986,3	14.361,1	NO	2.264,4	NO	1.033,7	7.348,4	90,7
1994	630.567,3	14.795,5	NO	2.378,6	NO	1.079,0	7.670,6	94,7
1995	660.237,3	15.644,3	NO	2.492,7	NO	1.225,4	8.711,3	107,5
1996	682.736,2	20.595,8	NO	2.657,6	NO	1.407,4	10.005,5	123,5
1997	610.000,0	22.871,5	NO	3.049,7	NO	1.558,7	11.081,0	136,8
1998	490.562,6	19.692,9	NO	5.591,0	NO	1.597,7	11.358,2	140,2
1999	443.586,9	47.114,9	NO	9.069,6	NO	1.559,3	11.085,1	136,8
2000	544.074,8	48.002,1	NO	4.509,8	NO	1.820,6	12.942,4	159,8
2001	409.533,3	51.918,5	NO	3.746,4	NO	2.090,5	14.861,2	183,4
2002	448.239,9	48.450,3	NO	5.094,0	NO	1.879,7	13.362,9	165,0
2003	447.950,0	49.867,5	NO	5.689,3	NO	2.381,7	16.931,3	209,0
2004	470.000,0	49.006,4	NO	5.880,4	NO	2.565,4	18.237,4	225,1
2005	459.000,0	48.185,6	NO	7.248,2	NO	2.840,9	20.196,1	249,3
2006	1.170.157,1	45.485,1	989,9	10.370,0	9.710,6	3.151,2	22.401,6	276,5
2007	1.216.180,8	47.321,9	955,8	7.698,2	9.566,2	3.327,8	23.657,4	292,0
2008	2.673.484,2	55.568,3	949,9	7.340,8	9.609,4	3.499,2	24.875,6	307,1
2009	2.111.205,7	50.995,6	941,5	10.473,4	9.875,3	3.466,1	24.640,6	304,2
2010	2.487.669,6	63.587,4	1.094,7	10.374,9	11.956,6	3.537,6	25.148,4	310,4
2011	2.345.357,3	62.636,7	1.146,1	10.440,1	12.031,7	4.084,8	29.203,3	305,6
2012	2.348.668,1	64.949,5	1.120,5	10.636,7	12.258,4	4.275,6	32.912,4	301,6
2013	2.614.125,5	58.517,1	1.188,8	10.681,7	12.310,3	4.095,2	29.345,5	271,8
2014	2.614.846,8	54.211,3	1.222,0	11.057,3	12.743,1	4.569,5	31.854,2	251,4
2015	2.016.395,3	52.844,6	1.208,3	11.513,0	13.268,2	3.697,1	30.995,1	241,2
2016	1.817.294,8	56.984,6	1.246,7	12.312,5	14.189,6	4.425,7	30.656,4	194,8
2017	2.584.649,3	54.291,4	1.338,9	12.276,4	14.148,1	3.992,9	33.551,4	193,4
2018	3.138.188,8	53.382,6	1.316,1	12.448,5	14.346,4	4.084,0	34.436,4	188,6
2019	3.172.217,0	56.496,7	1.341,7	13.313,7	15.343,5	3.663,8	31.657,9	188,4
2020	3.378.747,2	41.455,3	1.076,9	10.145,2	11.691,9	3.710,8	18.794,6	150,3
2021	4.075.000,0	40.376,5	1.028,2	9.686,5	11.163,3	3.710,8	17.003,4	160,9
2022	4.425.191,0	40.659,9	1.044,4	9.838,5	11.338,4	3.710,8	24.226,5	158,9
2023	3.572.576,0	41.893,2	1.076,0	10.136,9	11.682,3	4.389,4	28.656,6	188,0
2024	4.003.743,3	41.766,9	1.072,8	10.106,3	11.647,1	3.859,2	25.195,2	165,3

Nota: SIN: Sistema Interconectado Nacional; ZNI: Zonas No Interconectadas; NO: No ocurre

Fuente: Elaboración a partir de XM; SSPD; Minenergía; UPME; DANE

Para el ciclo BTR2, los datos de actividad empleados reflejaron mejoras en la consistencia temporal y en el nivel de desagregación de la información, derivadas de la actualización y reevaluación de las fuentes, así como de la aplicación de técnicas de empalme en periodos con vacíos de datos.

3.2.6.2.2 Factores de emisión aplicados en la subcategoría

Los factores de emisión utilizados para la estimación de emisiones en la categoría 1.A.1 se obtuvieron a partir de fuentes internacionales y nacionales, incluyendo las Directrices del IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006a), la Guía EMEP/EEA (2019) y factores país específicos desarrollados por la Unidad de Planeación Minero-energética (UPME) en el marco del estudio de factores de emisión de los combustibles en Colombia(Amell Arrieta et al., 2016).

Para las emisiones de CO_2 (exceptuando producción de Coque y Gas de refinería), se utilizaron factores de emisión país específicos de nivel Tier 2 provenientes de FECOC(Amell Arrieta et al., 2016), los cuales fueron desarrollados a partir de información nacional sobre las características de los combustibles utilizados en el país. Estos factores se seleccionaron por su mayor representatividad y coherencia con las condiciones locales, en comparación con los valores por defecto del IPCC. Para las emisiones de CH_4 y N_2O, se emplearon factores de emisión por defecto de las Directrices del IPCC (2006), correspondientes a un enfoque de nivel Tier 1, debido a la limitada disponibilidad de factores país específicos para estos gases en las subcategorías consideradas. Estos factores fueron consistentes con los valores reportados para combustión estacionaria de combustibles fósiles en el sector energía.

En el caso de contaminantes criterio y carbono negro (CN), se utilizaron factores de emisión de la Guía EMEP/EEA(European Environment Agency, 2019i), adoptados bajo un enfoque Tier 1. En particular, el carbono negro se estimó como fracción del material particulado fino ($PM_{2.5}$), de acuerdo con la metodología propuesta en dicha guía.

La selección de los factores de emisión se basó en la disponibilidad de información, la representatividad de los datos y la consistencia con las metodologías de estimación aplicadas en cada subcategoría, priorizando el uso de factores país-específicos cuando estuvieron disponibles. Las principales brechas se relacionaron con la disponibilidad limitada de factores nacionales para emisiones distintas de CO_2, lo que llevó al uso de factores por defecto internacionales. La Tabla 3-18 presenta el resumen de los factores de emisión utilizados por subcategoría, combustible y tipo de contaminante.

Tabla 3-18. Industrias de la energía: factores de emisión aplicados por fuente de GEI, carbono negro y contaminantes criterio

Subcategoría	Fuente FE	Nivel (Tier)	Clasif.	Cont	Valor	Unidad
1.A.1.c.i. Manufactura de Combustibles sólidos	IPCC, 2006 Cu.4.1 V.3 Ch.4	1	Producción de Coque	CO_2	5,6E-01	t CO_2/t Coque
1.A.1.a.i. Generación de electricidad 1.A.1.b. Refinación del petróleo 1.A.1.c.ii. Extracción de petróleo y gas 1.A.1.c.iii. Otras industrias de la energía	UPME, 2016 FECOC	2	Gas natural, Off gas	CO_2	55.539,1	kg CO_2/TJ
1.A.1.b. Refinación del petróleo	IPCC, 2006 Cu.2.2 V.2 Ch.2	1	Gas de refinería	CO_2	57.600,0	kg CO_2/TJ
1.A.1.b. Refinación del petróleo 1.A.1.c.ii. Extracción de petróleo y gas	UPME, 2016 FECOC	2	GLP	CO_2	67.185,1	kg CO_2/TJ
1.A.1.b. Refinación del petróleo 1.A.1.c.iii. Otras industrias de la energía	UPME, 2016 FECOC	2	Gasolina	CO_2	69.323,7	kg CO_2/TJ
1.A.1.a.i. Generación de electricidad 1.A.1.b. Refinación del petróleo	UPME, 2016 FECOC	2	Querosene	CO_2	73.939,6	kg CO_2/TJ
1.A.1.a.i. Generación de electricidad 1.A.1.b. Refinación del petróleo 1.A.1.c.ii. Extracción de petróleo y gas 1.A.1.c.iii. Otras industrias de la energía	UPME, 2016 FECOC	2	Diésel oil	CO_2	74.193,5	kg CO_2/TJ
1.A.1.b. Refinación del petróleo 1.A.1.c.ii. Extracción de petróleo y gas	UPME, 2016 FECOC	2	Petróleo	CO_2	77.841,8	kg CO_2/TJ
1.A.1.a.i. Generación de electricidad 1.A.1.b. Refinación del petróleo	UPME, 2016 FECOC	2	Fuel oil	CO_2	78.281,2	kg CO_2/TJ
1.A.1.a.i. Generación de electricidad	UPME, 2016 FECOC	2	Carbón mineral	CO_2	88.136,0	kg CO_2/TJ
1.A.1.c.i. Manufactura de Combustibles sólidos	IPCC, 2006 Cu.4.2 V.3 Ch.4	1	Producción de Coque	CH_4	1,0E-01	g CH_4/t Coque
1.A.1.a.i. Generación de electricidad 1.A.1.b. Refinación del petróleo 1.A.1.c.ii. Extracción de petróleo y gas 1.A.1.c.iii. Otras industrias de la energía	IPCC, 2006 Cu.2.2 V.2 Ch.2	1	Carbón mineral, Gas de refinería, Gas natural, GLP, Off gas	CH_4	1,0	kg CH_4/TJ
1.A.1.a.i. Generación de electricidad 1.A.1.b. Refinación del petróleo 1.A.1.c.ii. Extracción de petróleo y gas 1.A.1.c.iii. Otras industrias de la energía	IPCC, 2006 Cu.2.2 V.2 Ch.1	1	Diésel oil, Fuel oil, Gasolina, Petróleo, Querosene	CH_4	3,0	kg CH_4/TJ
1.A.1.a.i. Generación de electricidad 1.A.1.b. Refinación del petróleo 1.A.1.c.ii. Extracción de petróleo y gas 1.A.1.c.iii. Otras industrias de la energía	IPCC, 2006 Cu.2.2 V.2 Ch.2	1	Gas de refinería, Gas natural, GLP; Off gas	N_2O	1,0E-01	kg N_2O/TJ
1.A.1.a.i. Generación de electricidad 1.A.1.b. Refinación del petróleo 1.A.1.c.ii. Extracción de petróleo y gas 1.A.1.c.iii. Otras industrias de la energía	IPCC, 2006 Cu.2.2 V.2 Ch.2	1	Diésel oil, Fuel oil, Gasolina, Petróleo, Querosene	N_2O	0,6	kg N_2O/TJ
1.A.1.a.i. Generación de electricidad	IPCC, 2006 Cu.2.2 V.2 Ch.2	1	Carbón mineral	N_2O	1,5	kg N_2O/TJ

Subcategoría	Fuente FE	Nivel (Tier)	Clasif.	Cont	Valor	Unidad
1.A.1.c.i. Manufactura de Combustibles sólidos	EMEP/EEA, 2019 TA5-1 Part. B Ch.1.A.1	1	Producción de Coque	CO	6,0	g CO/GJ
1.A.1.a.i. Generación de electricidad	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.1	1	Carbón mineral	CO	8,7	g CO/GJ
1.A.1.b. Refinación del petróleo	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.1	1	Gas de refinería, Off gas	CO	12,1	g CO/GJ
1.A.1.a.i. Generación de electricidad 1.A.1.b. Refinación del petróleo 1.A.1.c.ii. Extracción de petróleo y gas	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.1	1	Fuel oil, Petróleo	CO	15,1	g CO/GJ
1.A.1.a.i. Generación de electricidad 1.A.1.b. Refinación del petróleo 1.A.1.c.ii. Extracción de petróleo y gas 1.A.1.c.iii. Otras industrias de la energía	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.1	1	Diésel oil, Gasolina, Querosene	CO	16,2	g CO/GJ
1.A.1.a.i. Generación de electricidad 1.A.1.b. Refinación del petróleo 1.A.1.c.ii. Extracción de petróleo y gas 1.A.1.c.iii. Otras industrias de la energía	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.1	1	Gas natural, GLP	CO	39,0	g CO/GJ
1.A.1.a.i. Generación de electricidad 1.A.1.b. Refinación del petróleo 1.A.1.c.i. Manufactura de Combustibles sólidos 1.A.1.c.ii. Extracción de petróleo y gas 1.A.1.c.iii. Otras industrias de la energía	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.1	1	Diésel oil, Gasolina, Producción de Coque, Querosene	COVDM	0,8	g COVDM/GJ
1.A.1.a.i. Generación de electricidad	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.1	1	Carbón mineral	COVDM	1,0	g COVDM/GJ
1.A.1.a.i. Generación de electricidad 1.A.1.b. Refinación del petróleo 1.A.1.c.ii. Extracción de petróleo y gas	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.1	1	Fuel oil, Petróleo	COVDM	2,3	g COVDM/GJ
1.A.1.a.i. Generación de electricidad 1.A.1.b. Refinación del petróleo 1.A.1.c.ii. Extracción de petróleo y gas 1.A.1.c.iii. Otras industrias de la energía	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.1	1	Gas de refinería, Off gas, Gas natural, GLP	COVDM	2,6	g COVDM/GJ
1.A.1.a.i. Generación de electricidad	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.1	1	Carbón mineral	CN	2,2E-02	% $PM_{2.5}$
1.A.1.a.i. Generación de electricidad 1.A.1.b. Refinación del petróleo 1.A.1.c.ii. Extracción de petróleo y gas 1.A.1.c.iii. Otras industrias de la energía	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.1	1	Gas natural, GLP	CN	2,5E-02	% $PM_{2.5}$
1.A.1.a.i. Generación de electricidad 1.A.1.b. Refinación del petróleo 1.A.1.c.ii. Extracción de petróleo y gas	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.1	1	Fuel oil, Petróleo	CN	5,6E-02	% $PM_{2.5}$
1.A.1.b. Refinación del petróleo	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.1	1	Gas de refinería, Off gas	CN	1,8E-01	% $PM_{2.5}$
1.A.1.a.i. Generación de electricidad 1.A.1.b. Refinación del petróleo 1.A.1.c.ii. Extracción de petróleo y gas 1.A.1.c.iii. Otras industrias de la energía	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.1	1	Diésel oil, Gasolina, Querosene	CN	3,4E-01	% $PM_{2.5}$

Subcategoría	Fuente FE	Nivel (Tier)	Clasif.	Cont	Valor	Unidad
1.A.1.c.i. Manufactura de Combustibles sólidos	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.1	2	Producción de Coque	CN	4,8E-01	% $PM_{2.5}$
1.A.1.c.i. Manufactura de Combustibles sólidos	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.1	1	Producción de Coque	NO_x	21,0	g NO_x/GJ
1.A.1.b. Refinación del petróleo	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.1	1	Gas de refinería, Off gas	NO_x	63,0	g NO_x/GJ
1.A.1.a.i. Generación de electricidad 1.A.1.b. Refinación del petróleo 1.A.1.c.ii. Extracción de petróleo y gas 1.A.1.c.iii. Otras industrias de la energía	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.1	1	Diésel oil, Gasolina, Querosene	NO_x	65,0	g NO_x/GJ
1.A.1.a.i. Generación de electricidad 1.A.1.b. Refinación del petróleo 1.A.1.c.ii. Extracción de petróleo y gas 1.A.1.c.iii. Otras industrias de la energía	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.1	1	Gas natural, GLP	NO_x	89,0	g NO_x/GJ
1.A.1.a.i. Generación de electricidad 1.A.1.b. Refinación del petróleo 1.A.1.c.ii. Extracción de petróleo y gas	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.1	1	Fuel oil, Petróleo	NO_x	142,0	g NO_x/GJ
1.A.1.a.i. Generación de electricidad	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.1	1	Carbón mineral	NO_x	209,0	g NO_x/GJ
1.A.1.a.i. Generación de electricidad 1.A.1.b. Refinación del petróleo 1.A.1.c.ii. Extracción de petróleo y gas 1.A.1.c.iii. Otras industrias de la energía	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.1	1	Gas de refinería, Gas natural, GLP, Off gas	PM_{10}	0,9	g PM_{10}/GJ
1.A.1.a.i. Generación de electricidad 1.A.1.b. Refinación del petróleo 1.A.1.c.ii. Extracción de petróleo y gas 1.A.1.c.iii. Otras industrias de la energía	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.1	1	Diésel oil, Gasolina, Querosene	PM_{10}	3,2	g PM_{10}/GJ
1.A.1.a.i. Generación de electricidad	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.1	1	Carbón mineral	PM_{10}	7,7	g PM_{10}/GJ
1.A.1.a.i. Generación de electricidad 1.A.1.b. Refinación del petróleo 1.A.1.c.ii. Extracción de petróleo y gas	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.1	1	Fuel oil, Petróleo	PM_{10}	25,2	g PM_{10}/GJ
1.A.1.c.i. Manufactura de Combustibles sólidos	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.1	1	Producción de Coque	PM_{10}	79,0	g PM_{10}/GJ
1.A.1.a.i. Generación de electricidad 1.A.1.b. Refinación del petróleo 1.A.1.c.ii. Extracción de petróleo y gas 1.A.1.c.iii. Otras industrias de la energía	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.1	1	Diésel oil, Gasolina, Querosene	$PM_{2.5}$	0,8	g $PM_{2.5}$/GJ
1.A.1.a.i. Generación de electricidad 1.A.1.b. Refinación del petróleo 1.A.1.c.ii. Extracción de petróleo y gas 1.A.1.c.iii. Otras industrias de la energía	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.1	1	Gas de refinería, Gas natural, GLP, Off gas	$PM_{2.5}$	0,9	g $PM_{2.5}$/GJ
1.A.1.a.i. Generación de electricidad	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.1	1	Carbón mineral	$PM_{2.5}$	3,4	g $PM_{2.5}$/GJ

Subcategoría	Fuente FE	Nivel (Tier)	Clasif.	Cont	Valor	Unidad
1.A.1.a.i. Generación de electricidad 1.A.1.b. Refinación del petróleo 1.A.1.c.ii. Extracción de petróleo y gas	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.1	1	Fuel oil, Petróleo	$PM_{2.5}$	19,3	g $PM_{2.5}$/GJ
1.A.1.c.i. Manufactura de Combustibles sólidos	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.1	1	Producción de Coque	$PM_{2.5}$	55,0	g $PM_{2.5}$/GJ
1.A.1.a.i. Generación de electricidad	UPME, 2016	2	Diésel oil	SO_2	3,0	kg SO_2/TJ
1.A.1.a.i. Generación de electricidad	UPME, 2016	2	Querosene	SO_2	42,0	kg SO_2/TJ
1.A.1.a.i. Generación de electricidad	UPME, 2016	2	Carbón mineral	SO_2	3.101,8	kg SO_2/TJ
1.A.1.a.i. Generación de electricidad 1.A.1.b. Refinación del petróleo 1.A.1.c.ii. Extracción de petróleo y gas 1.A.1.c.iii. Otras industrias de la energía	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.1	1	Gas de refinería, Gas natural, GLP, Off gas	SO_x	2,8E-01	g SO_x/GJ
1.A.1.b. Refinación del petróleo 1.A.1.c.ii. Extracción de petróleo y gas 1.A.1.c.iii. Otras industrias de la energía	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.1	1	Diésel oil, Gasolina, Querosene	SO_x	46,5	g SO_x/GJ
1.A.1.c.i. Manufactura de Combustibles sólidos	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.1	1	Producción de Coque	SO_x	91,0	g SO_x/GJ
1.A.1.a.i. Generación de electricidad 1.A.1.b. Refinación del petróleo 1.A.1.c.ii. Extracción de petróleo y gas	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.1	1	Fuel oil, Petróleo	SO_x	495,0	g SO_x/GJ

Nota: Cont: Contaminante. Clasif: Clasificación según combustible fósil.

Fuente: Elaboración a partir de IPCC (2006); EEA (2019); UPME (2016).

3.2.6.3 Descripción de flexibilidad aplicada en la subcategoría

No se aplicó ninguna flexibilidad.

3.2.6.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la subcategoría

En la Tabla 3-19 se presentan los resultados de incertidumbre para la subcategoría 1.A.1. Industrias de la energía durante el periodo 1990-2024. La incertidumbre promedio histórica fue de ±7,76 %. En 1990, la incertidumbre fue de ±13,45 %, mientras que en 2024 se redujo a ±2,84 %, lo que representa una disminución relativa del 78,87 %, equivalente a 10,61 puntos porcentuales.

Tabla 3-19. Resultados de incertidumbre (%) por propagación del error para 1.A.1. Industrias de la energía

Subcategoría	Cont	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
1.A.1. Industrias de la energía	Todos	13,5	14,1	12,1	11,4	4,5	2,8	2,9	3,2	3,4	2,9	2,8
1.A.1. Industrias de la energía	CH4	24,0	24,1	23,7	22,0	18,2	17,2	17,7	16,9	17,4	17,4	18,0
1.A.1. Industrias de la energía	CO2	13,5	14,1	12,2	11,4	4,5	2,8	2,9	3,2	3,4	2,9	2,8
1.A.1. Industrias de la energía	N2O	42,2	43,7	33,2	33,5	26,8	30,6	35,6	29,6	26,4	32,5	34,6
1.A.1.a. Producción de electricidad pública y calor como actividad principal	Todos	20,6	20,9	20,4	20,4	3,5	3,2	3,6	3,7	3,7	3,5	3,5
1.A.1.a. Producción de electricidad pública y calor como actividad principal	CH4	37,6	36,9	42,0	39,3	31,4	26,0	30,8	30,8	31,5	28,6	28,9
1.A.1.a. Producción de electricidad pública y calor como actividad principal	CO2	20,7	20,9	20,5	20,5	3,5	3,2	3,6	3,7	3,8	3,5	3,5
1.A.1.a. Producción de electricidad pública y calor como actividad principal	N2O	51,3	51,9	47,4	50,3	38,8	39,4	43,9	41,3	39,8	41,9	42,2
1.A.1.b. Refinación del petróleo	Todos	22,1	22,1	22,1	22,1	11,0	4,6	3,6	3,6	3,7	3,7	3,7
1.A.1.b. Refinación del petróleo	CH4	46,0	46,0	46,0	46,0	41,8	42,1	33,8	33,2	34,2	34,2	34,2
1.A.1.b. Refinación del petróleo	CO2	22,2	22,2	22,2	22,2	11,0	4,6	3,6	3,6	3,7	3,7	3,7
1.A.1.b. Refinación del petróleo	N2O	46,0	46,0	46,0	46,0	41,8	42,1	33,8	33,2	34,1	34,1	34,1
1.A.1.c. Fabricación de combustibles sólidos y otras energías.	Todos	13,9	15,2	16,6	15,1	9,8	6,2	6,6	7,0	6,9	6,5	6,7
1.A.1.c. Fabricación de combustibles sólidos y otras energías.	CH4	32,7	32,9	32,6	31,9	25,1	25,7	24,2	24,0	25,3	26,0	25,4
1.A.1.c. Fabricación de combustibles sólidos y otras energías.	CO2	14,0	15,3	16,6	15,1	9,8	6,2	6,6	7,0	6,9	6,5	6,7
1.A.1.c. Fabricación de combustibles sólidos y otras energías.	N2O	35,4	35,7	32,6	33,8	26,1	27,4	25,5	25,3	27,0	27,8	27,1

La reducción más significativa se observa entre 2005 y 2006, cuando la incertidumbre pasó de ±11,37 % a ±4,10 %. A partir de 2013, los valores se mantuvieron, en términos generales, alrededor del 3 %, aunque se presentaron algunas variaciones interanuales. En los años más recientes, la incertidumbre disminuyó de ±3,20 % en 2021 a ±2,84 % en 2024. Este comportamiento refleja la mejora progresiva en la calidad y validación de los datos de actividad y de los parámetros empleados en la estimación de las emisiones.

Por tipo de GEI, el CO_2, el CH_4 y el N_2O presentaron incertidumbres promedio históricas de ±7,78 %, ±20,55 % y ±32,33 %, respectivamente. El N_2O registró la mayor incertidumbre promedio y presentó un comportamiento fluctuante durante la serie, con un valor de ±34,63 % en 2024. El CH_4 disminuyó de ±24,05 % en 1990 a ±17,99 % en 2024, mientras que la incertidumbre del CO_2 se redujo de ±13,48 % a ±2,85 % durante el mismo periodo. La similitud entre la incertidumbre del CO_2 y la incertidumbre total de 1.A.1 evidencia la influencia predominante de este gas en los resultados agregados de la subcategoría.

En 2024, la subcategoría con mayor incertidumbre fue 1.A.1.c. Fabricación de combustibles sólidos y otras energías, con ±6,71 %, seguida de 1.A.1.b. Refinación del petróleo, con ±3,68 %, y 1.A.1.a. Producción de electricidad pública y calor como actividad principal, con ±3,46 %. En comparación con 1990, estas subcategorías presentaron reducciones relativas del 51,88 %, 83,36 % y 83,21 %, respectivamente. Aunque las incertidumbres agregadas disminuyeron considerablemente, el CH_4 y el N_2O mantienen valores superiores a los del CO_2, debido a la mayor incertidumbre asociada a los factores de emisión empleados para estos gases.

3.2.6.5 AC/CC de la subcategoría

Además de las actividades transversales de aseguramiento y control de calidad aplicadas al inventario nacional, para la subcategoría 1.A.1 Industrias de la energía se implementaron los siguientes procedimientos de control de calidad:

- Se verificó la integridad y consistencia de las bases de datos B0, B2, F2 y SectorCal correspondientes a la subcategoría 1.A.1, garantizando que los datos de actividad, los factores de emisión y los demás parámetros utilizados en la estimación se ajustaran a la estructura estandarizada del inventario y estuvieran debidamente documentados.
- Se compararon las emisiones estimadas para la subcategoría con las reportadas en ciclos anteriores del inventario, revisando la coherencia de la serie temporal e identificando variaciones asociadas a actualizaciones metodológicas, incorporación de nueva información o cambios en los datos de actividad y factores de emisión.
- Se verificó la representatividad de los factores de emisión empleados para la subcategoría, comparándolos, cuando fue pertinente, con los valores por defecto de las Directrices del IPCC de 2006 y sustentando el uso de factores nacionales cuando estos estuvieron disponibles.
- Los resultados obtenidos para la subcategoría fueron revisados conjuntamente con los referentes técnicos del sector energético, en el marco de las mesas de trabajo desarrolladas con el Ministerio de Minas y Energía y demás actores sectoriales, con el fin de validar la consistencia técnica de las estimaciones.
- Los resultados fueron presentados en espacios de socialización y discusión técnica con las entidades participantes, permitiendo recopilar observaciones y fortalecer el proceso de mejora continua del inventario.

3.2.6.6 Nuevos cálculos de la subcategoría

Los recálculos realizados en la categoría 1.A.1. Industrias de la energía no obedecen a cambios metodológicos en la estimación de emisiones ni a modificaciones en las ecuaciones de cálculo empleadas. Las diferencias identificadas entre el BTR1 y el BTR2 se derivan principalmente de la actualización de las fuentes de información, el procesamiento de los datos de actividad y la reconstrucción de series históricas mediante técnicas de empalme aplicadas para garantizar la coherencia temporal del inventario.

1.A.1.a.i. Generación de electricidad: El recálculo de esta subcategoría se realizó debido a la actualización de las fuentes de datos de actividad. Para los periodos sin información directa (1990–2004 en SIN y 1990–2007 en ZNI), la serie temporal fue reconstruida mediante técnicas de empalme y datos sustitutos, siguiendo las orientaciones del IPCC 2006 para garantizar la coherencia temporal del inventario. Estos cambios generaron ajustes en las estimaciones respecto al BTR1, particularmente en los años donde se disponía de menor información histórica.

1.A.1.b. Refinación del petróleo: El recálculo de esta subcategoría obedece a la actualización de las fuentes de información utilizadas para estimar el consumo de combustibles en actividades de refinación. Se incorporó información reportada por Ecopetrol a través del sistema MRVme para el periodo 2010–2024 y se reconstruyó la serie histórica 1990–2009 mediante técnicas de empalme utilizando como variable sustituta la cantidad de petróleo refinado. Adicionalmente, se actualizó la información sobre el consumo de gasolina, GLP y queroseno a partir de la base BECO de la UPME, disponible para toda la serie temporal.

1.A.1.c.i. Manufactura de combustibles sólidos: El recálculo de esta subcategoría se debe a la actualización de la información sobre producción de coque proveniente de la base BECO de la UPME para toda la serie temporal (1990–2024). La incorporación de la versión más reciente de esta fuente generó ajustes en las emisiones estimadas respecto al inventario reportado en el BTR1.

1.A.1.c.iii. Otras industrias de la energía: El recálculo se realizó como resultado de la incorporación de una nueva serie histórica de datos de actividad asociada al consumo de combustibles fósiles en actividades de minería de carbón. Para el periodo 1990–2009, la serie fue reconstruida mediante técnicas de empalme utilizando como variable sustituta la producción de carbón en minas, siguiendo las orientaciones del IPCC para garantizar la coherencia temporal. Asimismo, se actualizó la información base proveniente del MRVme, SIMCO y estudios de la UPME, lo que permitió ampliar la cobertura temporal y mejorar la representatividad de las estimaciones.

Tabla 3-20. Industrias de la Energía: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2) (kt CO_2 eq)

Subcategoría	Reporte	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021
1.A.1.a.i. Generación de electricidad	BTR1	6.066,2	7.870,3	7.177,3	6.382,3	10.333,2	14.996,6	13.159,0	8.692,9
1.A.1.a.i. Generación de electricidad	BTR2	5.941,3	7.673,9	7.051,0	3.401,8	10.237,5	14.844,9	13.129,0	8.676,6
1.A.1.a.i. Generación de electricidad	Diferencia	- 124,9	- 196,4	- 126,3	- 2.980,5	- 95,7	- 151,7	- 30,0	- 16,3
1.A.1.a.i. Generación de electricidad	Diferencia (%)	-2,1 %	-2,5 %	-1,8 %	-46,7 %	-0,9 %	-1,0 %	-0,2 %	-0,2 %
1.A.1.a.i. Generación de electricidad	*Efecto en total de subcategoría 1.A.1 (%)*	-1,1 %	-1,5 %	-0,8 %	-21,3 %	-0,4 %	-0,6 %	-0,1 %	-0,1 %
1.A.1.a.i. Generación de electricidad	*Efecto en total neto de categoría 1.A.1(%)*	-1,1 %	-1,5 %	-0,8 %	-21,3 %	-0,4 %	-0,6 %	-0,1 %	-0,1 %
1.A.1.b. Refinación del petróleo	BTR1	3.937,1	3.575,5	4.814,7	4.110,8	2.839,1	2.390,4	3.479,7	3.759,0
1.A.1.b. Refinación del petróleo	BTR2	2.185,5	2.413,0	2.748,4	2.819,7	2.773,8	2.464,4	3.479,7	3.526,8
1.A.1.b. Refinación del petróleo	Diferencia	- 1.751,6	- 1.162,5	- 2.066,3	- 1.291,1	- 65,3	73,9	0,0	- 232,2
1.A.1.b. Refinación del petróleo	Diferencia (%)	-44,5 %	-32,5 %	-42,9 %	-31,4 %	-2,3 %	3,1 %	0,0 %	-6,2 %
1.A.1.b. Refinación del petróleo	*Efecto en total de subcategoría 1.A.1 (%)*	-15,5 %	-9,0 %	-13,5 %	-9,2 %	-0,3 %	0,3 %	0,0 %	-1,2 %
1.A.1.b. Refinación del petróleo	*Efecto en total neto de categoría 1.A.1(%)*	-15,5 %	-9,0 %	-13,5 %	-9,2 %	-0,3 %	0,3 %	0,0 %	-1,2 %
1.A.1.c.i. Manufactura de Combustibles sólidos	BTR1	346,5	369,7	304,7	257,0	1.393,1	1.129,2	1.899,7	1.757,4
1.A.1.c.i. Manufactura de Combustibles sólidos	BTR2	346,5	369,7	304,7	257,0	1.393,1	1.129,2	1.892,1	2.282,0
1.A.1.c.i. Manufactura de Combustibles sólidos	Diferencia	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	- 7,6	524,6
1.A.1.c.i. Manufactura de Combustibles sólidos	Diferencia (%)	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	-0,4 %	29,9 %
1.A.1.c.i. Manufactura de Combustibles sólidos	*Efecto en total de subcategoría 1.A.1.c (%)*	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	-0,1 %	7,3 %
1.A.1.c.i. Manufactura de Combustibles sólidos	*Efecto en total neto de categoría 1.A.1.c (%)*	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	-0,1 %	7,3 %

Subcategoría	Reporte	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021
1.A.1.c.ii. Extracción de petróleo y gas	BTR1	917,5	1.064,4	3.020,8	3.244,8	5.308,8	4.905,7	4.039,5	3.901,1
1.A.1.c.ii. Extracción de petróleo y gas	BTR2	917,5	1.064,4	3.020,8	3.244,8	5.308,8	4.905,7	4.039,5	3.901,1
1.A.1.c.ii. Extracción de petróleo y gas	Diferencia	0,0	0,0	0,0	0,0	- 0,0	0,0	0,0	0,0
1.A.1.c.ii. Extracción de petróleo y gas	Diferencia (%)	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
1.A.1.c.ii. Extracción de petróleo y gas	*Efecto en total de subcategoría 1.A.1.c (%)*	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
1.A.1.c.ii. Extracción de petróleo y gas	*Efecto en total neto de categoría 1.A.1.c (%)*	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
1.A.1.c.iii. Otras industrias de la energía	BTR1	-	-	-	-	2.090,1	2.529,2	1.615,6	1.483,4
1.A.1.c.iii. Otras industrias de la energía	BTR2	575,7	724,0	1.075,7	1.678,6	2.090,2	2.529,5	1.615,8	1.483,2
1.A.1.c.iii. Otras industrias de la energía	Diferencia	575,7	724,0	1.075,7	1.678,6	0,1	0,3	0,2	- 0,2
1.A.1.c.iii. Otras industrias de la energía	Diferencia (%)	100 %	100 %	100 %	100 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
1.A.1.c.iii. Otras industrias de la energía	*Efecto en total de subcategoría 1.A.1.c (%)*	45,6 %	50,5 %	32,3 %	47,9 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
1.A.1.c.iii. Otras industrias de la energía	*Efecto en total neto de categoría 1.A.1.c (%)*	45,6 %	50,5 %	32,3 %	47,9 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
1.A.1.c. Fabricación de combustibles sólidos y otras energías	BTR1	1.264,0	1.434,1	3.325,4	3.501,8	8.792,0	8.564,1	7.554,9	7.141,9
1.A.1.c. Fabricación de combustibles sólidos y otras energías	BTR2	1.839,7	2.158,1	4.401,2	5.180,4	8.792,1	8.564,4	7.547,4	7.666,3
1.A.1.c. Fabricación de combustibles sólidos y otras energías	Diferencia	575,7	724,0	1.075,7	1.678,6	0,1	0,3	- 7,5	524,4
1.A.1.c. Fabricación de combustibles sólidos y otras energías	Diferencia (%)	45,6 %	50,5 %	32,3 %	47,9 %	0,0 %	0,0 %	-0,1 %	7,3 %
1.A.1.c. Fabricación de combustibles sólidos y otras energías	*Efecto en total de subcategoría 1.A.1 (%)*	5,1 %	5,6 %	7,0 %	12,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	2,7 %
1.A.1.c. Fabricación de combustibles sólidos y otras energías	*Efecto en total neto de categoría 1.A.1(%)*	5,1 %	5,6 %	7,0 %	12,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	2,7 %

Subcategoría	Reporte	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021
1.A.1. Industrias de la energía	BTR1	11.267,3	12.880,0	15.317,5	13.994,9	21.964,3	25.951,1	24.193,6	19.593,9
1.A.1. Industrias de la energía	BTR2	9.966,5	12.245,1	14.200,6	11.402,0	21.803,4	25.873,7	24.156,1	19.869,8
1.A.1. Industrias de la energía	Diferencia	- 1.300,8	- 634,9	- 1.116,9	- 2.592,9	- 160,9	- 77,4	- 37,5	275,9
1.A.1. Industrias de la energía	Diferencia (%)	-11,5 %	-4,9 %	-7,3 %	-18,5 %	-0,7 %	-0,3 %	-0,2 %	1,4 %
1.A.1. Industrias de la energía	*Efecto en total de categoría 1.A. (%)*	*-2,8 %*	*-1,2 %*	*-2,0 %*	*-4,4 %*	*-0,2 %*	*-0,1 %*	*0,0 %*	*0,3 %*
1.A.1. Industrias de la energía	*Efecto en total neto de categoría 1.A(%)*	*-2,8 %*	*-1,2 %*	*-2,0 %*	*-4,4 %*	*-0,2 %*	*-0,1 %*	*0,0 %*	*0,3 %*
1.A. Actividades de quema de combustibles	BTR1	46.329,1	54.645,9	56.458,4	59.092,4	71.674,9	83.252,3	77.402,1	84.339,2
1.A. Actividades de quema de combustibles	BTR2	45.027,6	54.303,1	56.065,9	56.267,5	72.073,6	80.257,9	76.803,3	82.665,8
1.A. Actividades de quema de combustibles	Diferencia	- 1.301,4	- 342,8	- 392,5	- 2.824,9	398,8	- 2.994,4	- 598,8	- 1.673,4
1.A. Actividades de quema de combustibles	Diferencia (%)	-2,8 %	-0,6 %	-0,7 %	-4,8 %	0,6 %	-3,6 %	-0,8 %	-2,0 %
1.A. Actividades de quema de combustibles	Efecto en total de sector (%)	*-2,6 %*	*-0,6 %*	*-0,6 %*	*-4,4 %*	*0,5 %*	*-3,2 %*	*-0,7 %*	*-1,8 %*
1.A. Actividades de quema de combustibles	Efecto en total neto de sector (%)	-2,6 %	-0,6 %	-0,6 %	-4,4 %	0,5 %	-3,2 %	-0,7 %	-1,8 %
1. Energía	BTR1	50.237,0	59.374,7	61.711,1	64.294,8	79.808,4	93.066,8	84.988,7	91.610,6
1. Energía	BTR2	51.104,3	61.832,3	64.714,9	64.338,8	83.872,1	93.474,7	86.999,9	92.956,9
1. Energía	Diferencia	867,3	2.457,6	3.003,8	44,0	4.063,7	407,9	2.011,2	1.346,4
1. Energía	Diferencia (%)	1,7 %	4,1 %	4,9 %	0,1 %	5,1 %	0,4 %	2,4 %	1,5 %

Fuente: Elaboración propia

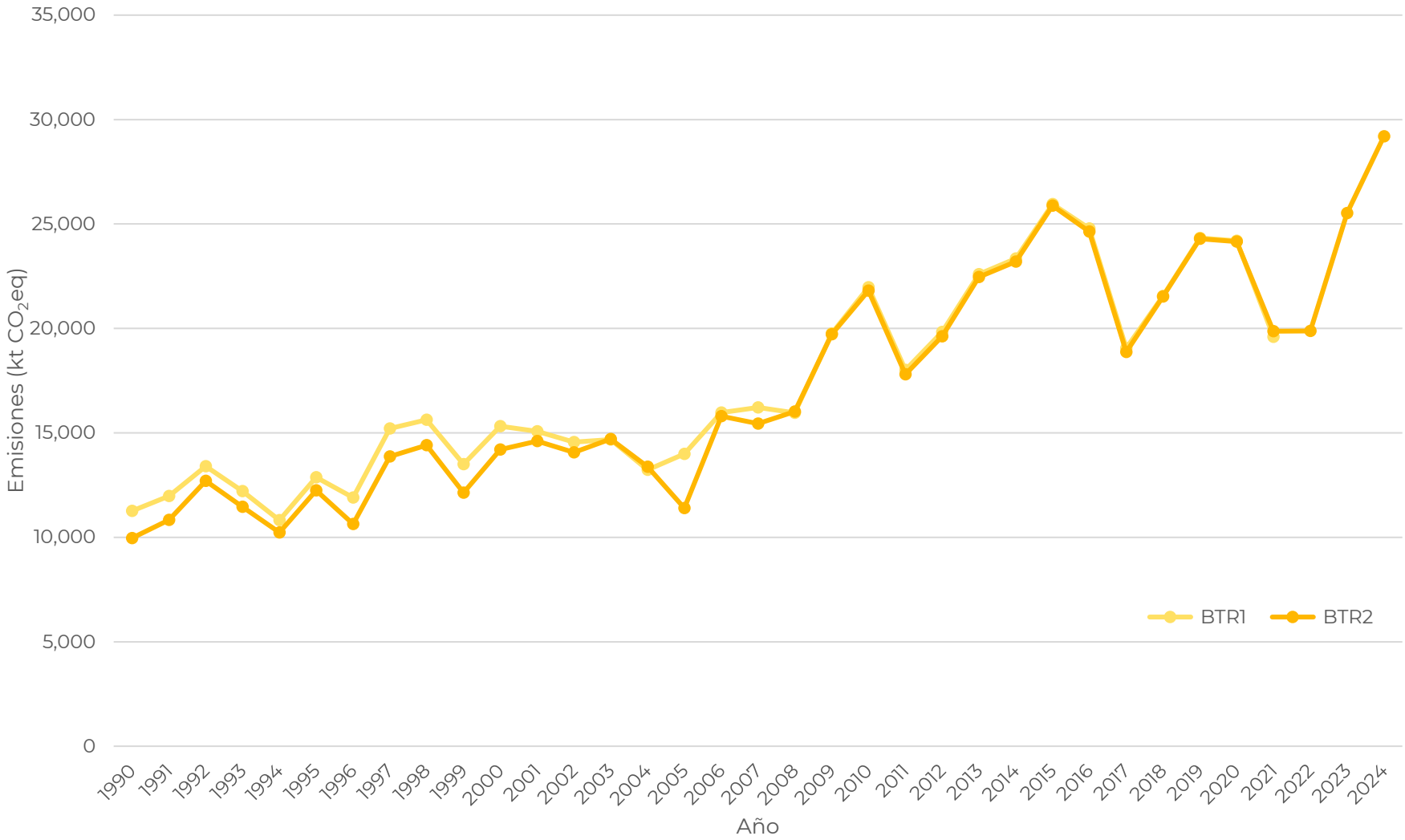


Figura 3-24. Industrias de la energía: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2), 1990-2024,.

Fuente: Elaboración propia

3.2.6.7 Mejoras planeadas de la subcategoría

Las mejoras planeadas para la presente subcategoría se orientan a fortalecer la calidad, representatividad, consistencia temporal y trazabilidad de en la estimación de emisiones. Estas actividades priorizadas responden a las oportunidades de mejora identificadas a partir de los procesos de control de calidad (QA/QC), análisis de incertidumbre y revisión de la disponibilidad de información sectorial, así como a las recomendaciones formuladas procesos de examen por pares u otros procesos de revisión o análisis previos. Su implementación se desarrollará en articulación con las entidades competentes, con el fin de avanzar hacia el uso de información más precisa, reduciendo la dependencia de supuestos y variables proxy, y asegurando la coherencia con las Directrices del IPCC.

Las actividades específicas priorizadas para esta subcategoría se presentan en la Tabla 3-21, en la cual se detallan las oportunidades de mejora, los periodos de implementación, los actores responsables y la priorización correspondiente.

Tabla 3-21. Industrias de la energía. Plan de mejora

Subcategoría	Actividad propuesta de mejora	Periodo	Actores	Priorización
1.A.1. Industrias de la energía	Evaluar, en articulación con las entidades sectoriales competentes, el posible uso de biocombustibles en las diferentes categorías y subcategorías del sector Energía, con el fin de verificar su relevancia, correcta asignación sectorial y la completitud de la cobertura del inventario. Este ejercicio permitirá identificar y documentar, cuando aplique, el uso de combustibles mezclados o sustitutos, evitando omisiones o dobles contabilizaciones en la estimación de emisiones, en coherencia con las Directrices del IPCC.	1990-2024	Ideam	BTR4 - 2030
1.A.1.a. Producción de electricidad pública y calor como actividad principal	Fortalecer la disponibilidad, consistencia y trazabilidad de los datos de consumo de combustibles fósiles en las Zonas No Interconectadas (ZNI), mediante la articulación con las entidades proveedoras de información, asegurando la armonización de registros, la estandarización metodológica y la representatividad temporal y sectorial de los datos utilizados en la estimación de emisiones.	2008 - 2024	Minenergía y SSPD	BTR3 - 2028
1.A.1.b. Refinación del petróleo	Mejorar el nivel de desagregación de los datos de actividad a nivel de fuente específica e instalación, con el fin de incrementar la representatividad espacial y sectorial del inventario y fortalecer la generación de estimaciones subnacionales de emisiones consistentes con la estructura operativa del sector.	2010-2024	Minenergía y Ecopetrol	BTR4 - 2030
	Fortalecer la consistencia, comparabilidad y trazabilidad de los datos de consumo de combustibles mediante la armonización metodológica y estadística de la información reportada en BECO y MRVme, asegurando coherencia temporal y evitando discrepancias en las series de datos de actividad utilizadas en el inventario.	1990-2024	Minenergía y UPME	BTR3 - 2028
1.A.1.c. Fabricación de combustibles sólidos y otras energías	Fortalecer la representatividad, calidad y cobertura de los datos de actividad asociados a la producción de coque, mediante la articulación interinstitucional con gremios y actores sectoriales, promoviendo el acceso a información primaria y mejorando los mecanismos de validación y consistencia de la información.	1990-2024	Asocoque, Fenalcarbón	BTR4 - 2023

Fuente: Elaboración propia

3.2.7 Industrias manufactureras y de la construcción (CRT 1.A.2)

3.2.7.1 Descripción y tendencia de la subcategoría

La subcategoría 1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción comprende las emisiones derivadas de la quema de combustibles en actividades industriales y de construcción, utilizadas principalmente para la generación de calor, vapor, electricidad de uso propio y fuerza motriz en procesos productivos. De acuerdo con las (Gómez et al., 2006) Directrices del IPCC de 2006, estas emisiones corresponden a combustión estacionaria y móvil en actividades manufactureras, mineras no energéticas y de construcción, excluyendo aquellas emisiones que deben reportarse en otras categorías del sector Energía o en procesos industriales (Gómez et al., 2006).

Con el fin de mantener consistencia entre las estadísticas energéticas nacionales y las categorías del IPCC, las emisiones de la subcategoría 1.A.2 se estiman a partir de la clasificación de actividades económicas reportadas en el BECO, las cuales fueron agrupadas de acuerdo con las categorías de la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU Rev. 4 A.C.). Esta correspondencia permite asignar el consumo energético de cada actividad industrial a las subcategorías definidas por las Directrices del IPCC y constituye la base para la estimación de las emisiones asociadas a la combustión de combustibles en la industria manufacturera y de la construcción.

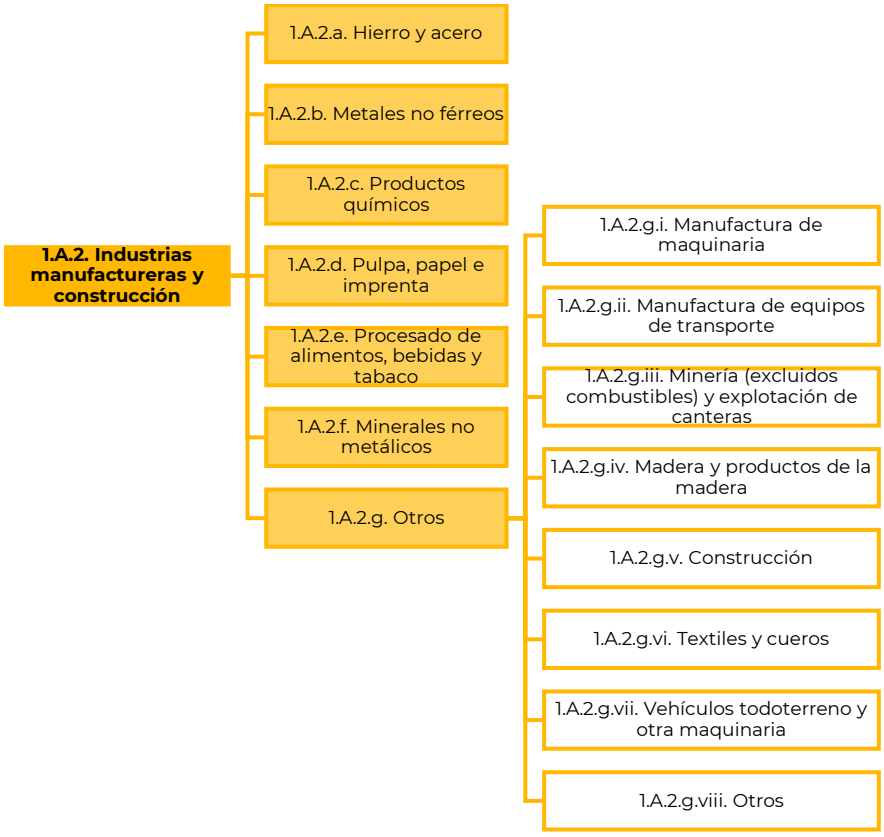


Figura 3-25. Industrias manufactureras y construcción: Subcategorías estimadas en Industrias manufactureras y construcción.

La Tabla 3-22 presenta la correspondencia entre las subcategorías de la categoría 1.A.2 y las actividades económicas definidas en la CIIU. Esta clasificación facilita la interpretación de los resultados y permite relacionar la evolución de las emisiones con el comportamiento de los distintos sectores productivos del país.

Tabla 3-22. Industrias manufactureras y de la construcción: Aspectos metodológicos Correspondencias IPCC – CIIU (Rev. 4 A.C.) para las subcategorías de 1.A.2.

Subcategoría IPCC	CIIU (Rev. 4) (DANE, 2022)
1.A.2.a. Hierro y acero	24. Fabricación de productos metalúrgicos básicos
1.A.2.b. Metales no ferrosos	
1.A.2.c. Productos químicos	20. Fabricación de sustancias y productos químicos

Subcategoría IPCC	CIIU (Rev. 4) (DANE, 2022)
	21. Fabricación de productos farmacéuticos
1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta	17. Fabricación de papel, cartón y productos de papel y cartón 18. Actividades de impresión y de producción de copias
1.A.2.e. Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco	10. Elaboración de productos alimenticios 11. Elaboración de bebidas
1.A.2.f. Minerales no metálicos	23. Fabricación de otros productos minerales no metálicos
1.A.2.g. Otros	
1.A.2.g.i. Manufactura de maquinaria	25. Fabricación de productos elaborados de metal (excepto maquinaria y equipo) 26. Fabricación de productos informáticos, electrónicos y ópticos 27. Fabricación de aparatos y equipo eléctrico 28. Fabricación de maquinaria y equipo n.c.p. 33. Instalación, mantenimiento y reparación de maquinaria y equipo
1.A.2.g.ii. Manufactura de equipos de transporte	29. Fabricación de vehículos automotores, remolques y semirremolques 30. Fabricación de otros tipos de equipo de transporte
1.A.2.g.iii. Minería (con excepción de combustibles) y cantería	07. Extracción de minerales metalíferos 08. Extracción de otras minas y canteras
1.A.2.g.iv. Madera y productos de la madera	16. Transformación de la madera y fabricación de sus productos
1.A.2.g.v. Construcción	41. Construcción de edificios 42. Obras de ingeniería civil
1.A.2.g.vi. Textiles y cueros	13. Fabricación de productos textiles 14. Confección de prendas de vestir 15. Curtido de cueros y fabricación de sus productos
1.A.2.g.viii. Otros	31. Fabricación de muebles, colchones y somieres 32. Otras industrias manufactureras

En Colombia, esta subcategoría incluye las emisiones asociadas al consumo de combustibles en actividades como hierro y acero, metales no ferrosos, sustancias químicas, pulpa, papel e imprenta, procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco, minerales no metálicos, manufactura de maquinaria, equipos de transporte, minería no energética, madera, construcción, textiles y cueros, entre otras actividades industriales. En 2024, la subcategoría reportó emisiones de 19.825,2 kt CO_2eq, equivalentes aproximadamente al 18,9 % del sector Energía y al 20,8 % de la categoría 1.A Actividades de quema de combustibles.

Tabla 3-23. Industrias manufactureras y de la construcción: Emisiones totales de GEI por subcategoría (kt CO_2eq)

Fuente	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
1.A.2.a. Hierro y acero	894,8	1.224,9	1.423,2	1.456,3	1.282,0	1.190,9	1.086,0	1.188,0	1.266,5	1.116,4	1.112,8
1.A.2.b. Metales no férreos	158,5	211,4	238,7	454,0	425,6	323,4	318,6	399,7	359,9	333,2	345,9
1.A.2.c. Productos químicos	653,2	818,3	927,5	838,2	1.071,2	1.058,1	930,1	1.467,9	1.471,8	1.493,3	1.576,4
1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta	1.363,6	1.447,0	1.444,0	1.723,5	1.752,5	1.730,3	1.763,6	2.048,1	2.125,0	2.225,5	2.317,8
1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco	1.442,8	1.659,8	1.678,4	2.174,8	3.096,7	2.409,6	3.092,0	3.195,5	3.461,7	3.212,1	3.207,9
1.A.2.f. Minerales no metálicos	3.344,9	3.765,2	4.392,4	5.392,5	5.988,8	4.723,9	4.160,2	4.777,2	5.053,2	5.123,3	4.820,3
1.A.2.g. Otros	1.715,8	2.338,0	2.662,5	3.057,9	4.120,3	5.238,1	5.535,7	5.919,9	6.106,9	6.207,2	6.444,2
1.A.2.g.i. Manufactura de maquinaria	111,1	111,1	111,1	111,1	115,5	107,1	87,0	107,6	122,9	115,2	115,3
1.A.2.g.ii. Manufactura de equipos de transporte	38,0	38,0	38,0	38,0	28,2	29,3	21,5	28,0	28,3	26,2	25,8
1.A.2.g.iii. Minería (excluidos combustibles) y explotación de canteras	100,8	100,8	100,8	100,8	100,8	112,4	90,7	101,1	103,9	105,0	107,0
1.A.2.g.iv. Madera y productos de la madera	36,3	36,3	36,3	36,3	42,5	40,6	57,2	70,8	71,1	66,1	61,5
1.A.2.g.v. Construcción	205,3	256,8	214,2	260,0	400,4	438,9	576,9	583,3	591,9	681,1	692,7
1.A.2.g.vi. Textiles y cueros	659,0	828,4	968,5	796,3	1.122,8	900,0	550,8	636,9	600,9	571,0	589,8

Fuente	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
1.A.2.g.vii. Vehículos todoterreno y otra maquinaria	236,6	405,1	679,8	1.192,4	1.939,9	3.189,3	3.758,8	3.923,7	4.135,1	4.187,2	4.381,9
1.A.2.g.viii. Otros	328,7	561,5	513,9	523,1	370,4	420,5	392,9	468,4	452,8	455,3	470,2
1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	**9.573,6**	**11.464,5**	**12.766,7**	**15.097,4**	**17.737,1**	**16.674,3**	**16.886,2**	**18.996,4**	**19.845,1**	**19.710,9**	**19.825,2**

Fuente: Elaboración propia

Entre 1990 y 2024, las emisiones de la subcategoría aumentaron de 9.573,6 kt CO_2eq a 19.825,2 kt CO_2eq, lo que representa un incremento de aproximadamente 107 % (véase Figura 3-26). Este comportamiento refleja el crecimiento de la actividad industrial, el aumento de la demanda energética para procesos productivos y la expansión de sectores intensivos en el uso de combustibles para generación de calor y vapor.

En 2024, las emisiones de la subcategoría estuvieron concentradas principalmente en 1.A.2.g Otros, con 6.444,2 kt CO_2eq (32,5 %), seguida por 1.A.2.f Minerales no metálicos, con 4.820,3 kt CO_2eq (24,3 %), 1.A.2.e Procesado de alimentos, bebidas y tabaco, con 3.207,9 kt CO_2eq (16,2 %), y 1.A.2.d Pulpa, papel e imprenta, con 2.317,8 kt CO_2eq (11,7 %). Estas actividades concentraron aproximadamente el 85 % de las emisiones de la subcategoría.

Dentro de la categoría 1.A.2.g Otros, las emisiones estuvieron dominadas por la subcategoría vehículos todoterreno y otra maquinaria, que aportó 4.381,9 kt CO_2eq en 2024, equivalentes al 68,0 % de las emisiones de esta agrupación. Esta categoría incluye maquinaria utilizada en actividades industriales, de construcción y extractivas, cuyo consumo de combustibles ha mostrado una tendencia creciente durante las últimas dos décadas. También destacaron las actividades de construcción (10,7 %) y textiles y cueros (9,2 %), aunque con participaciones considerablemente menores como se observa en la Figura 3-27.

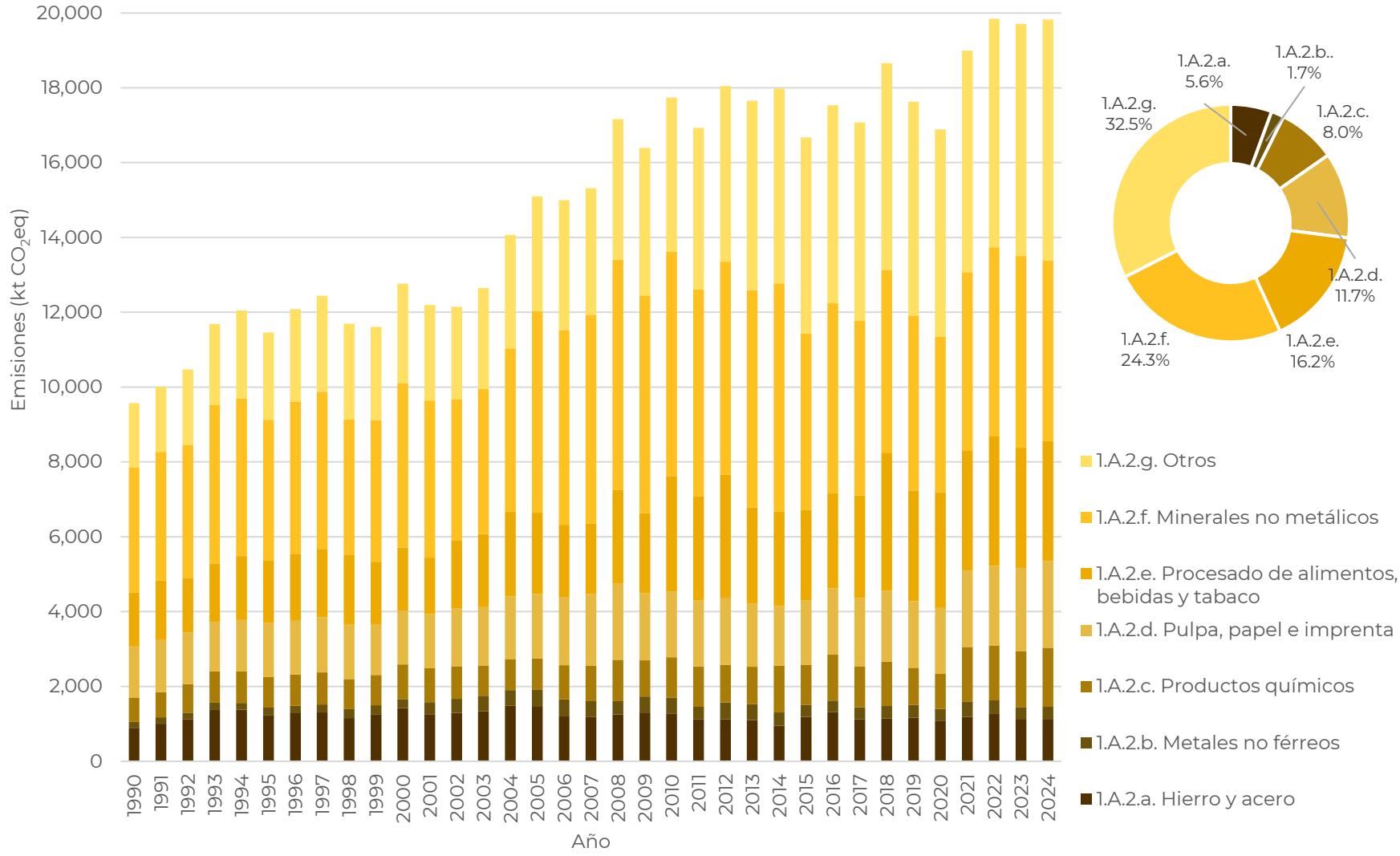


Figura 3-26. Industrias manufactureras y construcción: Emisiones de GEI por fuente (kt CO_2eq), 1990-2024.

Fuente: Elaboración propia

A lo largo de la serie temporal 1990–2024, las emisiones de industrias manufactureras y de la construcción muestran una tendencia creciente, aunque con fluctuaciones asociadas al comportamiento de la actividad industrial, la demanda de materiales de construcción, la producción de alimentos y bebidas, y el consumo energético de sectores manufactureros.

La tendencia de las emisiones de la subcategoría 1.A.2 Industrias manufactureras y de la construcción estuvo estrechamente relacionada con el comportamiento de la actividad económica y la demanda energética del sector industrial en el país. De acuerdo con información de la UPME, entre 2023 y 2024 la demanda nacional de energía creció 2,1 %, mientras que el PIB aumentó 1,6 %, reflejando una recuperación moderada de la actividad económica y del consumo energético industrial. Asimismo, la serie histórica evidencia fluctuaciones importantes asociadas a ciclos económicos, destacándose la reducción observada en 2020 por los efectos de la pandemia de COVID-19 y la posterior recuperación entre 2021 y 2022.

La estructura del consumo energético de la industria colombiana también influye en el comportamiento de las emisiones de GEI. A diferencia de otras regiones del mundo y de América Latina, en Colombia predominan el uso de gas natural (29 %), carbón mineral (24 %), bagazo (19 %) y energía eléctrica (15 %) en el sector industrial. Adicionalmente, los principales usos finales de la energía corresponden a calor indirecto, como generación de vapor (44 %), y calor directo en hornos y procesos térmicos (43 %), actividades intensivas en consumo de combustibles y generación de emisiones (Peña Suárez et al., 2025).

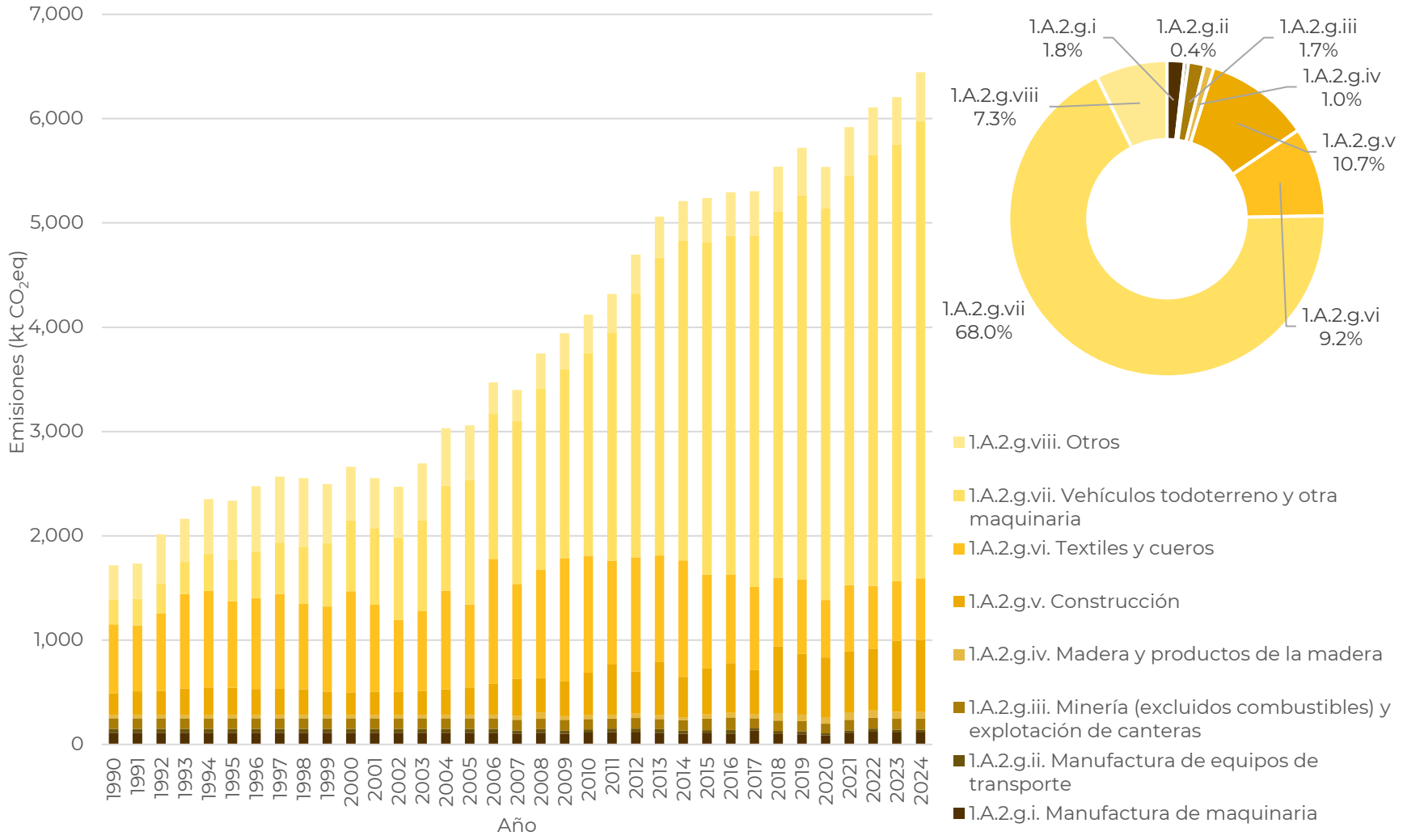


Figura 3-27. Industrias manufactureras y construcción - Otros: Emisiones de GEI por fuente (kt CO_2eq), 1990-2024.

Fuente: Elaboración propia

Las emisiones de 1.A.2 estuvieron dominadas por el CO_2, asociado principalmente al consumo de combustibles fósiles para generación de calor y energía en procesos industriales. Para 2024, las principales fuentes de GEI dentro de la subcategoría correspondieron a 1.A.2.g Otros, con 6.444,2 kt CO_2eq, seguido por 1.A.2.f Minerales no metálicos, con 4.820,3 kt CO_2eq, y 1.A.2.e Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco, con 3.207,9 kt CO_2eq. Estas tres fuentes concentraron la mayor parte de las emisiones de la subcategoría, reflejando la importancia del consumo energético en actividades industriales intensivas en combustibles.

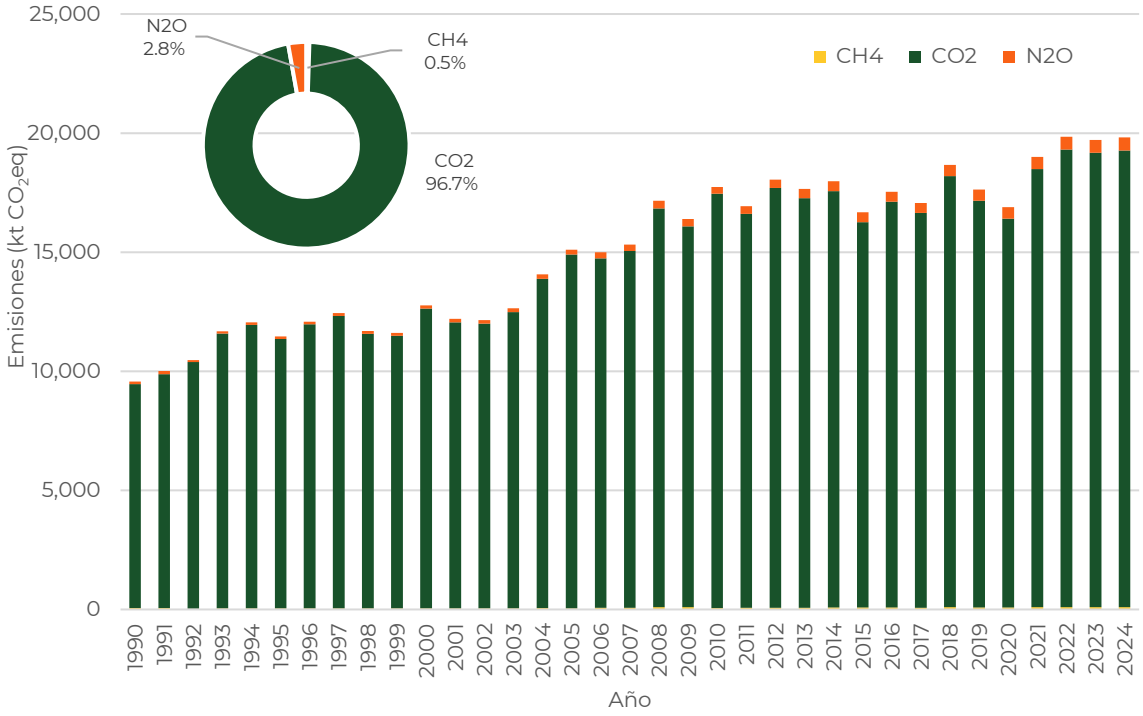


Figura 3-28. Industrias manufactureras y construcción: Emisiones por tipo de GEI (kt CO_2eq), 1990-2024.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3-24. Industrias manufactureras y de la construcción: Emisiones por contaminante (kt CO_2eq o kt)

Fuente	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
CH_4	56,5	40,4	40,0	41,7	55,8	76,9	81,6	90,2	94,7	98,4	99,2
CO_2	9.404,3	11.316,1	12.587,8	14.864,5	17.395,1	16.178,2	16.329,5	18.402,2	19.218,2	19.072,4	19.167,7
N_2O	112,8	108,0	138,9	191,2	286,1	419,2	475,2	504,0	532,1	540,1	558,3
1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	**9.573,6**	**11.464,5**	**12.766,7**	**15.097,4**	**17.737,1**	**16.674,3**	**16.886,2**	**18.996,4**	**19.845,1**	**19.710,9**	**19.825,2**
CN	0,6	0,8	0,9	1,0	1,0	1,2	1,3	1,4	1,4	1,4	1,5
CO	90,7	87,7	104,6	118,4	155,7	151,8	150,8	165,0	176,0	175,5	175,8
COVDM	24,6	18,8	20,7	23,1	30,6	36,8	38,0	41,9	44,1	45,0	45,4
NH_3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
NO_x	38,0	45,8	48,5	56,5	63,5	71,2	74,3	79,4	82,5	82,7	85,1
PM_{10}	15,9	13,9	15,9	17,5	23,2	24,5	24,8	27,1	28,8	29,0	29,1
$PM_{2.5}$	15,2	13,2	15,0	16,6	21,9	23,4	23,8	26,0	27,6	27,8	27,9
SO_2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
SO_x	52,9	61,5	75,9	84,3	108,5	86,8	81,4	89,4	97,3	94,4	93,1

Nota: Las emisiones de GEI son expresadas en kt CO_2eq y las emisiones de carbono negro y contaminantes criterio en kt.

Fuente: Elaboración propia

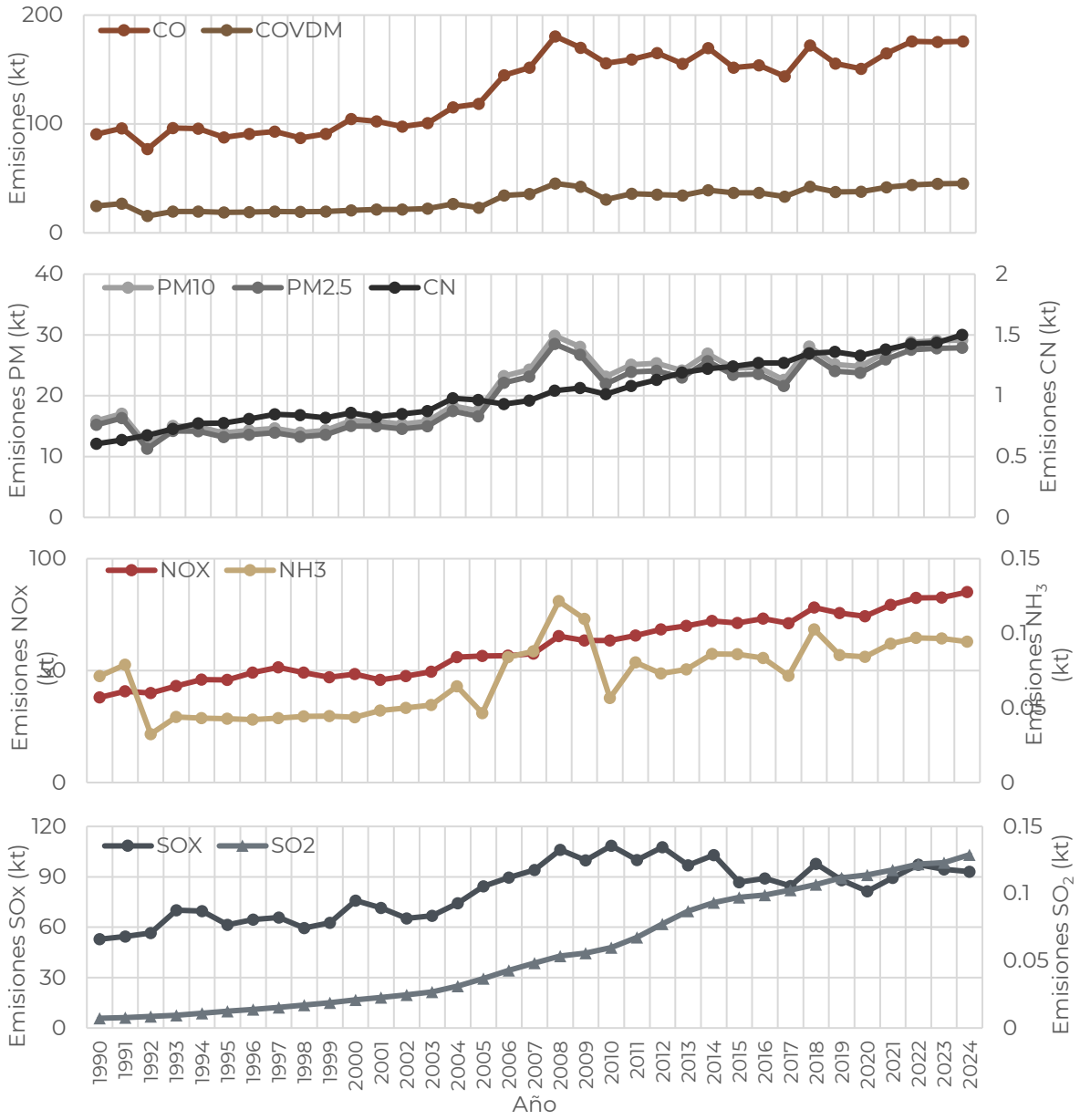


Figura 3-29. Industrias manufactureras y construcción: Emisiones por contaminante (kt), 1990-2024.

Fuente: Elaboración propia

Las emisiones de carbono negro y contaminantes criterio de la subcategoría 1.A.2 fueron estimadas siguiendo la Guía EMEP/EEA 2019, utilizando factores de emisión diferenciados según el tipo de combustible. La Figura 3-29 presenta la evolución de estos contaminantes entre 1990 y 2024. En 2024, las mayores emisiones correspondieron a CO (175,8 kt), SO_x (93,1 kt) y NO_x (85,1 kt), seguidas por COVDM (45,4 kt), PM_{10} (29,1 kt) y $PM_{2.5}$ (27,9 kt). Las emisiones de CN alcanzaron 1,5 kt, mientras que NH_3 y SO_2 presentaron contribuciones marginales dentro de la subcategoría.

En términos de tendencia, la mayoría de los contaminantes mostraron incrementos respecto a 1990, asociados al crecimiento de la actividad industrial y al aumento del consumo energético en procesos térmicos. Las mayores variaciones se observaron en NOx, SOx y material particulado, contaminantes estrechamente relacionados con la combustión de combustibles fósiles utilizados para la generación de calor y vapor en la industria. Aunque la serie presenta fluctuaciones interanuales asociadas a cambios en la actividad económica, se observa una trayectoria general creciente para la mayoría de los contaminantes, particularmente a partir de la década de 2000.

3.2.7.2 Aspectos metodológicos de la subcategoría

La estimación de emisiones para la subcategoría 1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción se realizó de acuerdo con las Directrices del IPCC 2006 (Gómez et al., 2006), así como con la Guía EMEP/EEA 2019 para contaminantes criterio y carbono negro (Trozzi, Kuenen, Nielsen, Rentz, et al., 2019). El nivel metodológico aplicado correspondió a una combinación de enfoques Tier 1 y Tier 2, en función de la disponibilidad de información y de factores de emisión específicos para las condiciones nacionales.

Para las emisiones de CO_2 se utilizaron principalmente factores de emisión nacionales de nivel Tier 2 desarrollados en el marco del estudio FECOC. No obstante, para algunos combustibles para los cuales no se dispone de factores de emisión nacionales específicos, tales como carbón vegetal, coque y residuos, se emplearon los factores de emisión por defecto de las Directrices del IPCC 2006. Por su parte, las emisiones de CH_4 y N_2O se estimaron mediante factores de emisión por defecto del IPCC 2006. Para contaminantes criterio y carbono negro se emplearon, en términos generales, factores de emisión de la Guía EMEP/EEA 2019, seleccionados según el tipo de combustible.

De conformidad con las Directrices del IPCC, el CO_2 proveniente de la combustión de biomasa no se contabiliza dentro de las emisiones totales de la categoría Energía y se reporta por separado como partida informativa. En consecuencia, para combustibles de origen biogénico utilizados en la industria, tales como bagazo, leña y residuos, únicamente se contabilizaron las emisiones de CH_4 y N_2O derivadas de la combustión. Asimismo, las emisiones de NH_3 fueron estimadas únicamente para este tipo de combustibles, de acuerdo con la disponibilidad de factores de emisión establecidos en la Guía EMEP/EEA 2019.

Los datos de actividad empleados en la estimación provienen principalmente del BECO, complementados con información sectorial y registros específicos de diferentes fuentes, según la categoría considerada. Los datos fueron convertidos a unidades energéticas consistentes (TJ), en concordancia con los requerimientos metodológicos del IPCC. El detalle de las fuentes de información utilizadas para cada subcategoría se presenta en la sección 3.2.7.2.1.

Con el fin de garantizar la consistencia y completitud de la serie temporal 1990-2024, se aplicaron procedimientos de recálculo y técnicas de empalme en aquellas categorías donde fue necesario reconstruir datos históricos.

Como mejora metodológica del presente inventario, las emisiones asociadas a vehículos todoterreno y otra maquinaria utilizada en actividades industriales y de construcción fueron estimadas y reportadas en la subcategoría 1.A.2.g.vii, de acuerdo con las orientaciones de las Directrices del IPCC para maquinaria móvil fuera de carretera. De manera complementaria, la maquinaria utilizada en actividades agrícolas, forestales y pesqueras se reportó en la subcategoría 1.A.4.c.ii.

A diferencia de las demás fuentes incluidas en 1.A.2, cuya estimación se basa principalmente en consumos de combustible reportados en el BECO, para esta subcategoría se empleó un enfoque basado en parque de maquinaria. La información utilizada proviene principalmente del Inventario de emisiones contaminantes de fuentes móviles terrestres de uso fuera de carretera (FMFC) – Año 2023, desarrollado en el marco del Programa CALAC+ a solicitud del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, con el apoyo de la Cooperación Suiza para el Desarrollo (COSUDE). Este inventario contiene información detallada sobre cantidad de equipos, horas anuales de operación, y factores de carga para diferentes tipos de maquinaria. A partir de estos parámetros se estimó la demanda energética de los equipos en kWh, la cual fue posteriormente convertida a consumo de combustible y expresada en TJ para la cuantificación de emisiones. Las estimaciones se realizaron considerando únicamente diésel como combustible. Con el fin de evitar doble contabilidad, el consumo de combustible estimado para esta fuente fue descontado del consumo total de diésel reportado para transporte terrestre en el BECO antes de realizar las estimaciones correspondientes a la subcategoría 1.A.3.b. Transporte terrestre.

Para carbono negro y contaminantes criterio, las emisiones fueron estimadas utilizando los mismos datos de actividad derivados del inventario FMFC. En este caso se siguieron las recomendaciones metodológicas establecidas en dicho inventario, las cuales se encuentran alineadas con los lineamientos de la Guía EMEP/EEA 2019 para maquinaria móvil fuera de carretera. Las estimaciones se realizaron mediante la aplicación de los factores de emisión específicos contenidos en estas guías para cada contaminante y tipo de equipo. El detalle de las ecuaciones y parámetros utilizados se presenta en la Tabla 3-25.

Tabla 3-25. Industrias manufactureras y de la construcción: Aspectos metodológicos

Subcategoría	Contaminante	Nivel (Tier)	No. Ecuación	Ecuación	Fuente
1.A.2.a. Hierro y acero 1.A.2.b. Metales no férreos 1.A.2.c. Productos químicos 1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta 1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco 1.A.2.f. Minerales no metálicos *1.A.2.g.i. Manufactura de maquinaria* *1.A.2.g.ii. Manufactura de equipos de transporte* *1.A.2.g.iii. Minería (excluidos combustibles) y explotación de canteras* *1.A.2.g.iv. Madera y productos de la madera* *1.A.2.g.v. Construcción* *1.A.2.g.vi. Textiles y cueros* *1.A.2.g.viii. Otros*	CO_2, CH_4, N_2O	CO_2 - 2 CH_4 -1 N_2O - 1	V. 2, Ch. 2, Ec. 2.1	$\boldsymbol{Emisiones_{GEI} = Consumo\ de\ combustible_{combustible} * Factor\ de\ emisión_{GEI\ combustible}}$ Dónde: $Emisiones_{GEI}$= emisiones de un gas de efecto invernadero dado por tipo de combustible (kg GEI). $Consumo\ de\ combustible_{combustible}$= cantidad de combustible quemado (TJ). $Factor\ de\ emisión_{GEI\ combustible}$ = factor de emisión por defecto de un gas de efecto invernadero dado por tipo de combustible (kg gas TJ^{-1}). Para el caso del CO_2, incluye el factor de oxidación del carbono, que se supone es 1	IPCC, 2006
	CN, CO, COVDM, NOx, PM_{10}, $PM_{2.5}$, SO_x, NH_3 (bagazo, leña, residuos)	1	V. 1 Ch. 1.A.2, Ec. 1	$\boldsymbol{E_{contaminante} = \sum_{combustible} AR_{Consumo\ de\ combustible} \times EF_{Contaminante}}$ $E_{contaminante}$ = emisión anual del contaminante. $EF_{contaminante}$ = factor de emisión del contaminante. $AR_{consumo\ de\ combustible}$ = tasa de actividad asociada al consumo de combustible	EMEP/EEA, 2019
1.A.2.g.vii. Vehículos todoterreno y otra maquinaria	CO_2, CH_4, N_2O	CO_2 - 2 CH_4 -1 N_2O - 1	V. 2, Ch. 3, Ec. 3.3.1 V. 2, Ch. 3, Ec. 3.3.2	$\boldsymbol{Emisiones = \sum(Combustible_j \times EF_j)}$ – Tier 1 $\boldsymbol{Emisiones = \sum(Combustible_{ij} \times EF_{ij})}$ – Tier 2 Donde: Emisiones = emisiones (kg) $Combustible_{i,j}$ = combustible consumido (representado por el combustible vendido) (TJ) $EF_{i,j}$ = factor de emisión (kg/TJ) i = tipo de vehículo/equipo j = tipo de combustible	IPCC, 2006
	CN, CO, COVDM, NOx, PM_{10}, $PM_{2.5}$, SO_x, NH_3	3	V. 1 Ch. 1.A.4, Ec. 5	$\boldsymbol{E = N \times HRS \times P \times (1 + DFA) \times LFA \times EF_{Base}}$ Donde: E = masa de emisiones del contaminante *i* durante el período de inventario. N = número de motore_s (unidades). HRS = horas anuales de operación. P = potencia del motor (kW). DFA = factor de ajuste por deterioro. LFA = factor de ajuste por carga. EF_{Base} = factor de emisión base (g/kWh).	EMEP/EEA, 2019

3.2.7.2.1 Datos de actividad de la subcategoría

Los datos de actividad utilizados para la estimación de emisiones en la categoría 1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción se obtuvieron a partir de fuentes oficiales nacionales, incluyendo el BECO (Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), 2025), sistemas sectoriales de información y registros administrativos de entidades como el DANE, la UPME, el Sistema de Información de Combustibles Líquidos SICOM (Unidad de Planeación Minero Energética, 2024) y fuentes industriales específicas para determinadas subcategorías. Estas fuentes proporcionaron información sobre el consumo de combustibles fósiles y biomasa, así como variables asociadas a la actividad productiva, con diferentes niveles de cobertura y desagregación según la subcategoría y el periodo de análisis.

En la mayoría de las subcategorías, los datos de actividad corresponden a consumos energéticos expresados en diferentes unidades físicas o energéticas, tales como masa, volumen o energía. En los casos requeridos, estos datos fueron convertidos a unidades energéticas (TJ) mediante la aplicación de factores de conversión específicos por combustible, tales como conversiones de volumen a energía (MPC a TJ), masa a energía (kT a TJ) y transformaciones intermedias (por ejemplo, galones a barriles y posteriormente a TJ), garantizando la consistencia metodológica entre las diferentes fuentes de información.

Con el fin de garantizar la coherencia de la serie temporal 1990–2024, se realizaron recálculos de la serie completa de datos de actividad en la mayoría de las subcategorías, como resultado de la actualización de fuentes de información y la mejora en la calidad, cobertura y desagregación de los datos disponibles. Estos recálculos respondieron principalmente a: (i) la incorporación de fuentes de información más representativas y consistentes, y (ii) la revisión integral de la disponibilidad de datos, lo que permitió mejorar la continuidad temporal y la comparabilidad de la serie.

Para los periodos con ausencia de información o presencia de quiebres en la serie temporal, se aplicaron técnicas de empalme, principalmente mediante el uso de variables sustitutas (proxy) y esquemas de reconstrucción de series. En la mayoría de los casos, se utilizó como variable proxy el Producto Interno Bruto (PIB) del sector industrial, proveniente de las Cuentas Nacionales (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2005) y Agregados Macroeconómicos (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2024a), permitiendo estimar la evolución temporal de los datos de actividad en años sin información directa. Por lo general, la aplicación de estas técnicas se realizó de manera selectiva por combustible y periodo, en función de la disponibilidad, representatividad y consistencia de la información. Adicionalmente, se emplearon enfoques diferenciados para subcategorías específicas, entre los cuales se destacan: (i) el uso de información directa a nivel de planta en la subcategoría 1.A.2.b Metales no férreos, (ii) el uso de información sectorial especializada en 1.A.2.g.iii Minería y explotación de canteras, y (iii) la aplicación de variables proxy específicas, como el PIB de la rama de transformación de la madera en 1.A.2.g.iv Madera y productos de la madera.

De manera particular, la subcategoría 1.A.2.g.vii Vehículos todoterreno y otra maquinaria presenta un enfoque metodológico diferenciado, basado en la modelación del consumo energético a partir de la caracterización operativa de la flota. Para el periodo 1990–2023, los datos de actividad se obtuvieron a partir del Inventario Nacional de Fuentes Móviles Terrestres de uso Fuera de Carretera, desarrollado por el programa CALAC+ (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible & Programa CALAC+, 2023a) el cual integra información sobre la composición, antigüedad, patrones de uso y desempeño de la flota. Para el año 2024, el empalme se realizó a partir de un inventario proyectado generado por la misma fuente, basado en la actualización del inventario base, la incorporación de ingresos de flota (estimados principalmente a partir de datos de importaciones de vehículos del DANE/DIAN) y la aplicación de un modelo de retiro.

Los supuestos adoptados en la estimación se relacionan principalmente con la estabilidad de las relaciones entre las variables utilizadas como proxy, la consistencia de la estructura sectorial en el tiempo y la representatividad de los parámetros empleados en los modelos de estimación. Las principales brechas y barreras se asocian con la disponibilidad, cobertura y continuidad de la información histórica, así como con cambios en las metodologías o fuentes de datos a lo largo del periodo de análisis, los cuales fueron abordados mediante recálculos y técnicas de empalme.

La Tabla 3-26 presenta las fuentes de información de los datos de actividad utilizados en la subcategoría 1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción, incluyendo los periodos de cobertura, las fuentes de información y las consideraciones metodológicas asociadas, tales como la aplicación de técnicas de empalme y recálculo de las series temporales.

Tabla 3-26. Industrias manufactureras y de la construcción: Fuente de información de datos de actividad

Dato de actividad		Periodo	Fuente	Observación
1.A.2.a. Hierro y acero	Consumo de combustibles fósiles y biomasa en la producción de productos metalúrgicos básicos (hierro, acero y no ferrosos).	Diferentes periodos	Técnica de empalme: DANE (PIB, Cuentas nacionales anuales)	Se aplicaron técnicas de empalme para los siguientes combustibles y periodos*: carbón mineral (2008–2024), carbón vegetal (1990–2012), fuel oil (1990–2008), gasolina (1990–2005), leña (2017–2020), querosene (2006–2009) y residuos (2017–2018).
		1990-2024	UPME - BECO	Se realizó el recálculo de la serie temporal completa por actualización de la fuente de datos. Para combustibles y periodos específicos con vacíos de información o quiebres en la serie temporal, los datos de actividad se reconstruyeron mediante técnicas de empalme. Datos a escala nacional.
1.A.2.b. Metales no férreos	Consumo de combustibles fósiles y biomasa en la producción de metales no férreos (Ferroníquel)	1990-2014 2022-2024	Empalme – Planta de producción de Ferroníquel	Para los periodos 1990-2014 y 2022-2024, los datos de actividad se reconstruyeron mediante técnicas de empalme.
		2015-2021	Planta de producción de Ferroníquel (producción de Ferroníquel)	Datos de actividad a nivel de planta.
1.A.2.c. Productos químicos	Consumo de combustibles fósiles y biomasa en la producción de sustancias y productos químicos básicos; abonos y compuestos inorgánicos nitrogenados; plásticos en formas primarias; caucho sintético en formas primarias; plaguicidas y otros productos químicos de uso agropecuario; pinturas, barnices y revestimientos similares; jabones y detergentes; fibras sintéticas y artificiales; productos farmacéuticos y sustancias químicas medicinales; entre otros.	Diferentes periodos	Técnica de empalme: DANE (PIB, Cuentas nacionales anuales)	Se aplicaron técnicas de empalme para los siguientes combustibles y periodos*: carbón mineral (2006–2007), carbón vegetal (2006–2007), coque (2006–2008; 2013–2014), diésel oil (1990–2011), fuel oil (2013–2015), gas natural (1990–2011; 2019), gasolina (1990–2011), GLP (2006–2011), leña (1990–2005; 2007; 2010–2018), petróleo (1990–2000), querosene (1990–2007) y residuos (2006–2007; 2009–2013; 2015).
		1990-2024	UPME - BECO	Se realizó el recálculo de la serie temporal completa por actualización de la fuente de datos. Para combustibles y periodos específicos con vacíos de información o quiebres en la serie temporal, los datos de actividad se reconstruyeron mediante técnicas de empalme. Datos a escala nacional.
1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta	Consumo de combustibles fósiles y biomasa en la producción de pulpas (pastas) celulósicas, papel, cartón y productos de papel y cartón, y a actividades de impresión y reproducción de grabaciones.	Diferentes periodos	Técnica de empalme: DANE (PIB, Cuentas nacionales anuales)	Se aplicaron técnicas de empalme para los siguientes combustibles y periodos*: carbón mineral (1990–2009), carbón vegetal (2010–2015; 2017–2018), coque (2009–2010; 2012–2013), diésel oil (2006–2007; 2013), gas natural (2006–2007), gasolina (1990–2005), GLP (2007), querosene (2006–2007), residuos (2006–2011; 2013–2016) y bagazo (2006–2009).
		1990-2024	UPME - BECO	Se realizó el recálculo de la serie temporal completa por actualización de la fuente de datos. Para combustibles y periodos específicos con vacíos de información o quiebres en la serie temporal, los datos de actividad se reconstruyeron mediante técnicas de empalme. Datos a escala nacional.
1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco	Consumo de combustibles fósiles y biomasa en las industrias de procesamiento y conservación de carne (y sus productos), pescados, frutas, legumbres, hortalizas y	Diferentes periodos	Técnica de empalme: DANE (PIB, Cuentas nacionales anuales)	Se aplicaron técnicas de empalme para los siguientes combustibles y periodos*: carbón mineral (2006; 2012–2013), carbón vegetal (1990–2005; 2018), coque (1990–2005; 2007), diésel oil (2007), fuel oil (2012–2013), gas natural (2007; 2012–2013), gasolina (1990–2005), GLP (2012–2013), leña (2006–2009),

Dato de actividad		Periodo	Fuente	Observación
	tubérculos; elaboración de aceites, grasas, productos lácteos, productos de molinería, almidones y derivados, azúcar, panela, productos de panadería, cacao, chocolate, productos de confitería, platos preparados, alimentos preparados para animales, bebidas, y productos de tabaco; trilla, descafeinado, tostión y molienda del café; destilación, rectificación y mezcla de bebidas alcohólicas; entre otros productos alimenticios.			querosene (2012–2014; 2016–2020), residuos (1990–2005) y bagazo (2007).
		1990-2024	UPME - BECO	Se realizó el recálculo de la serie temporal completa por actualización de la fuente de datos. Para combustibles y periodos específicos con vacíos de información o quiebres en la serie temporal, los datos de actividad se reconstruyeron mediante técnicas de empalme. Datos a escala nacional.
1.A.2.f. Minerales no metálicos	Consumo de combustibles fósiles y biomasa en las industrias de fabricación de vidrio y sus productos, productos refractarios, materiales de arcilla para la construcción, productos de cerámica y porcelana, cemento, cal, yeso, artículos de hormigón, entre otros productos minerales no metálicos.	Diferentes periodos	Técnica de empalme: DANE (PIB, Cuentas nacionales anuales)	Se aplicaron técnicas de empalme para los siguientes combustibles y periodos*: carbón mineral (2007), carbón vegetal (1990–2006; 2019–2021), coque (1990–2005), fuel oil (2008; 2024), gas natural (1990–2007), gasolina (1990–2005), leña (2004; 2007; 2024), petróleo (1990–1999; 2004), querosene (2024) y residuos (1990–2005; 2010; 2014).
		1990-2024	UPME - BECO	Se realizó el recálculo de la serie temporal completa por actualización de la fuente de datos. Para combustibles y periodos específicos con vacíos de información o quiebres en la serie temporal, los datos de actividad se reconstruyeron mediante técnicas de empalme. Datos a escala nacional.
1.A.2.g. Otros				
1.A.2.g.i. Manufactura de maquinaria	Consumo de combustibles fósiles y biomasa en las industrias de fabricación de productos elaborados de metal, productos informáticos y electrónicos, aparatos y equipo eléctrico, entre otros tipos de maquinaria y equipo.	1990-2005 Diferentes periodos	Técnica de empalme: DANE (PIB, Cuentas nacionales anuales)	Se aplicaron técnicas de empalme para los siguientes combustibles y periodos*: carbón mineral (1990–2005; 2007; 2017; 2019–2021), carbón vegetal (1990–2005; 2007; 2014–2016; 2019–2021), coque (1990–2005), diésel oil (1990–2005), fuel oil (1990–2005), gas natural (1990–2005; 2007), gasolina (1990–2005), leña (1990–2005; 2009), petróleo (1990–2005; 2014–2016; 2018–2019), querosene (1990–2005) y residuos (2015–2018).
		2006-2024	UPME - BECO	Se realizó el recálculo de la serie temporal completa por actualización de la fuente de datos. Para combustibles y periodos específicos con vacíos de información o quiebres en la serie temporal, los datos de actividad se reconstruyeron mediante técnicas de empalme. Datos a escala nacional.
1.A.2.g.ii. Manufactura de equipos de transporte	Consumo de combustibles fósiles y biomasa en las industrias de fabricación de vehículos automotores y sus motores, autopartes y accesorios, entre otros tipos de equipo de transporte.	1990-2005	Técnica de empalme: DANE (PIB, Cuentas nacionales anuales)	Para el periodo 1990-2005 se aplicaron técnicas de empalme para todos los combustibles (carbón mineral, coque, diésel oil, fuel oil, gas natural, gasolina y GLP). Datos a escala nacional.
		2006-2024	UPME - BECO	Se realizó el recálculo de la serie temporal completa por actualización de la fuente de datos. Para combustibles y periodos específicos con vacíos de información o quiebres en la serie temporal, los datos de actividad se reconstruyeron mediante técnicas de empalme. Datos a escala nacional.

Dato de actividad		Periodo	Fuente	Observación
1.A.2.g.iii. Minería (excluidos combustibles) y explotación de canteras	Consumo de combustibles fósiles y biomasa en las industrias de extracción de minerales metalíferos y minerales no metálicos.	1990-2009	Técnica de empalme: UPME (SICOM)	Para el periodo 1990-2009 se aplicaron técnicas de empalme para todos los combustibles (diésel oil y gasolina)
		2010-2024	UPME – SICOM (Grandes consumidores)	Se realizó el recálculo de la serie temporal completa por actualización de la fuente de datos. Datos a escala nacional.
1.A.2.g.iv. Madera y productos de la madera	Consumo de combustibles fósiles y biomasa en las industrias de transformación de la madera y a la fabricación de productos de madera y de corcho, excepto muebles.	1990-2005 Diferentes periodos	Técnica de empalme: DANE (PIB, agregados macroeconómicos, transformación de la madera)	Se aplicaron técnicas de empalme para los siguientes combustibles y periodos*: diésel oil (1990–2005; 2014–2015), gas natural (1990–2005) y gasolina (1990–2005).
		2006-2024	UPME - BECO	Se realizó el recálculo de la serie temporal completa por actualización de la fuente de datos. Para combustibles y periodos específicos con vacíos de información o quiebres en la serie temporal, los datos de actividad se reconstruyeron mediante técnicas de empalme. Datos a escala nacional.
1.A.2.g.v. Construcción	Consumo de combustibles fósiles y biomasa en las industrias de construcción y acondicionamiento de edificaciones y obras de ingeniería civil.	1990-2005 Diferentes periodos	Técnica de empalme: DANE (PIB, Cuentas nacionales anuales)	Se aplicaron técnicas de empalme para los siguientes combustibles y periodos*: diésel oil (1990–2005; 2014–2015), gas natural (1990–2005) y gasolina (1990–2005).
		1990-2024	UPME - BECO	Se realizó el recálculo de la serie temporal completa por actualización de la fuente de datos. Para combustibles y periodos específicos con vacíos de información o quiebres en la serie temporal, los datos de actividad se reconstruyeron mediante técnicas de empalme. Datos a escala nacional.
1.A.2.g.vi. Textiles y cueros	Consumo de combustibles fósiles y biomasa en las industrias de preparación e hilatura de fibras textiles; tejedura y acabado de productos textiles; curtido y recurtido de cueros; recurtido y teñido de pieles; fabricación de tejidos, prendas de vestir, artículos de piel, artículos de cuero, y calzado y sus partes.	Diferentes periodos	Técnica de empalme: DANE (PIB, Cuentas nacionales anuales)	Se aplicaron técnicas de empalme para los siguientes combustibles y periodos*: gasolina (1990–2005), gas natural (2007) y carbón mineral (2017; 2021–2024)
		1990-2024	UPME - BECO	Se realizó el recálculo de la serie temporal completa por actualización de la fuente de datos. Para combustibles y periodos específicos con vacíos de información o quiebres en la serie temporal, los datos de actividad se reconstruyeron mediante técnicas de empalme. Datos a escala nacional.
1.A.2.g.vii. Vehículos todoterreno y otra maquinaria	Consumo de combustibles fósiles en vehículos todoterreno y otra maquinaria	1990-2023	Minambiente - CALAC+ (Inventario Nacional de Fuentes Móviles Terrestres de uso Fuera de Carretera)	Se realizó el recálculo de la serie temporal completa (1990–2023) con base en Inventario Nacional de Fuentes Móviles Terrestres de uso Fuera de Carretera (Minambiente – CALAC+). Datos a escala nacional.
		2024	Técnica de empalme: Minambiente - CALAC+ (Inventario base y modelo de retiro) DIAN - DANE, (Importaciones de vehículos)	Para 2024, el empalme se realizó a partir del inventario proyectado, generado por la fuente (Minambiente – CALAC+), basado en la actualización del inventario base, los ingresos de flota (importaciones DANE/DIAN) y la aplicación de un modelo de retiro.

Dato de actividad		Periodo	Fuente	Observación
1.A.2.g.viii. Otros	Consumo de combustibles fósiles y biomasa en las industrias de fabricación de productos de caucho y plástico, y de muebles, colchones y somieres.	Diferentes periodos	Técnica de empalme: DANE (PIB, Cuentas nacionales anuales)	Se aplicaron técnicas de empalme para los siguientes combustibles y periodos*: gasolina (1991–2005), gas natural (1999–2005; 2007; 2021–2024), coque (2000) y carbón mineral (2006–2016).
		1990-2024	UPME - BECO	Se realizó el recálculo de la serie temporal completa por actualización de la fuente de datos. Para combustibles y periodos específicos con vacíos de información o quiebres en la serie temporal, los datos de actividad se reconstruyeron mediante técnicas de empalme. Datos a escala nacional.

Nota: * Los periodos indicados no implican necesariamente ajustes continuos en todos los años, sino únicamente en aquellos con vacíos o quiebres en la serie. DANE: Departamento Administrativo Nacional de Estadística; PIB: Producto Interno Bruto; UPME: Unidad de Planeación Minero energética; BECO: Balance Energético Colombiano; SICOM: Sistema de Información de Combustibles Líquidos; Minambiente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible; DAASU: Dirección de Asuntos Ambientales Sectorial y Urbana; CALAC+: lima y Aire Limpio en Ciudades de América Latina; DIAN: Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales. Fuente: Elaboración propia.

Las técnicas de empalme descritas a continuación se aplicaron conforme a la orientación del Capítulo 5 de las Directrices del IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006a) sobre coherencia de la serie temporal. A continuación, se presentan las técnicas implementadas en las subcategorías de la categoría Industrias manufactureras y de la construcción, en función de la disponibilidad de información histórica.

- **1.A.2.a. Hierro y acero; 1.A.2.c. Productos químicos; 1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta; 1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco; 1.A.2.f. Minerales no metálicos y 1.A.2.g. Otro**

Para el periodo 1990–2005, y en aquellos años posteriores donde se identificaron vacíos de información o quiebres en la serie temporal, se aplicó la técnica de empalme mediante el uso de datos sustitutos (proxy). En particular, se utilizó como variable proxy el Producto Interno Bruto (PIB) del sector industrial, proveniente de las Cuentas Nacionales (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2005)y Agregados Macroeconómicos (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2024a), con el fin de estimar la evolución temporal de los datos de actividad a partir de años con información disponible. Para ello, se emplearon la serie de retroproyección con base 2015 para el periodo 1990–2005 y las Cuentas Nacionales Anuales (Agregados macroeconómicos) para el periodo 2006–2024, garantizando la coherencia temporal de la serie. El empalme se aplicó de manera selectiva por combustible, en años específicos donde se identificaron vacíos o quiebres en la serie.

Para 1.A.2.a. Hierro y acero, en los siguientes periodos: carbón mineral (2008–2011; 2015–2024), carbón vegetal (1990–2005; 2009–2010; 2012), fuel oil (1990–2008), gasolina (1990–2005), leña (2017–2020), querosene (2006–2009) y residuos (2017–2018). Para la subcategoría 1.A.2.c. Productos químicos, en los siguientes combustibles y periodos: carbón mineral (2006–2007), carbón vegetal (2006–2007), coque (2006–2008; 2013–2014), diésel oil (1990–2011), fuel oil (2013–2015), gas natural (1990–2011; 2019), gasolina (1990–2011), GLP (2006–2011), leña (1990–2005; 2007; 2010–2018), petróleo (1990–2000), querosene (1990–2007) y residuos (2006–2007; 2009–2013; 2015).

Para la subcategoría 1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta, en los siguientes combustibles y periodos: carbón mineral (1990–2009), carbón vegetal (2010–2015; 2017–2018), coque (2009–2010; 2012–2013), diésel oil (2006–2007; 2013), gas natural (2006–2007), gasolina (1990–2005), GLP (2007), querosene (2006–2007), residuos (2006–2011; 2013–2016) y bagazo (2006–2009). Para la subcategoría 1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco, en los siguientes combustibles y periodos: carbón mineral (2006; 2012–2013), carbón vegetal (1990–2005; 2018), coque (1990–2005; 2007), diésel oil (2007), fuel oil (2012–2013), gas natural (2007; 2012–2013), gasolina (1990–2005), GLP (2012–2013), leña (2006–2009), querosene (2012–2014; 2016–2020), residuos (1990–2005) y bagazo (2007).

Para la subcategoría 1.A.2.f. Minerales no metálicos, en los siguientes combustibles y periodos: carbón mineral (2007), carbón vegetal (1990–2006; 2019–2021), coque (1990–2005), fuel oil (2008; 2024), gas natural (1990–2007), gasolina (1990–2005), leña (2004; 2007; 2024), petróleo (1990–1999; 2004), querosene (2024) y residuos (1990–2005; 2010; 2014). Para la subcategoría 1.A.2.g.i. Manufactura de maquinaria, en los siguientes combustibles y periodos: carbón mineral (1990–2005; 2007; 2017; 2019–2021), carbón vegetal (1990–2005; 2007; 2014–2016; 2019–2021), coque (1990–2005), diésel oil (1990–2005), fuel oil (1990–2005), gas natural (1990–2005; 2007), gasolina (1990–2005), leña (1990–2005; 2009), petróleo (1990–2005; 2014–2016; 2018–2019), querosene (1990–2005) y residuos (2015–2018).

Para la subcategorías 1.A.2.g.ii. Manufactura de equipos de transporte, el empalme se aplicó de manera conjunta para todos los combustibles, en el periodo 1990–2005, incluyendo carbón mineral, coque, diésel oil, fuel oil, gas natural, gasolina y GLP. Para la subcategoría 1.A.2.g.v. Construcción, el empalme se aplicó de manera general, en el periodo 1990–2005, y de manera selectiva para diésel oil para el periodo 2014–2015. Para la subcategoría 1.A.2.g.vi. Textiles y cueros, el empalme se aplicó de manera selectiva por combustible en los siguientes periodos: gasolina (1990–2005), gas natural (2007) y carbón mineral (2017; 2021–2024). Para la subcategoría 1.A.2.g.viii. Otros, el empalme se aplicó de manera selectiva por combustible en los siguientes periodos: gasolina (1991–2005), gas natural (1999–2005; 2007; 2021–2024), coque (2000) y carbón mineral (2006–2016).

En general, estos ajustes se realizaron únicamente en los combustibles con mayor representatividad en los datos de actividad; para algunos años en combustibles de baja participación (querosene y petróleo) o para la biomasa (leña y residuos), no se aplicaron técnicas de empalme, asumiéndose ausencia de actividad en los periodos correspondientes, sustentada en la baja representatividad observada en la serie temporal.

Para la subcategoría 1.A.2.g.iii. Minería y explotación de canteras, el empalme se aplicó de manera conjunta para los combustibles diésel oil y gasolina, en el periodo 1990–2009. Para esta subcategoría, no se emplearon variables sustitutas; en su lugar, la completitud de la serie se realizó a partir de los datos de actividad disponibles.

- **1.A.2.b Metales no férreos:**

Para los periodos 1990–2014 y 2022–2024, ante la ausencia de datos directos de actividad, se aplicó la técnica de empalme mediante datos sustitutos (proxy). La producción de níquel se utilizó como variable sustituta, a partir de la cual se estimó el consumo de combustibles mediante una relación promedio entre producción y consumo energético calculada con base en los años con información reportada (2015–2021). Este análisis se realizó a nivel de planta, considerando que la producción de ferroníquel en el país se concentra en una única instalación industrial. La relación obtenida se aplicó para empalmar los datos en los periodos sin información disponible,

garantizando la coherencia temporal de la serie y la consistencia con la operación industrial de producción de ferroníquel en el país.

- **1.A.2.g.iv. Madera y productos de la madera:**

Para la subcategoría 1.A.2.g.iv. Madera y productos de la madera, el empalme se aplicó de manera selectiva por combustible en los siguientes periodos: carbón mineral (1990–2005), carbón vegetal (2009–2013; 2016–2017; 2019), diésel oil (1990–2005), gas natural (1990–2005), gasolina (1990–2005), leña (1990–2005), petróleo (1990–2005), querosene (1990–2005; 2010–2020), residuos (1990–2005; 2014–2018) y GLP (1990–2005). Para esta subcategoría, el empalme correspondiente al periodo 2006–2024 se realizó mediante el uso del Producto Interno Bruto (PIB) del sector industrial – Agregados macroeconómicos, específicamente la rama de transformación de la madera, como variable sustituta para garantizar la coherencia y continuidad de la serie de datos de actividad.

- **1.A.2.g.vii. Vehículos todoterreno y otra maquinaria:**

Para la subcategoría 1.A.2.g.vii. Vehículos todoterreno y otra maquinaria, se realizó el recálculo de la serie temporal completa para el periodo 1990–2023, a partir de la actualización de la fuente de datos, utilizando el Inventario Nacional de Fuentes Móviles Terrestres de uso Fuera de Carretera liderado por la Dirección de Asuntos Ambientales, Sectorial (DAASU) y Urbana del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Minambiente) en el marco del programa Clima y Aire Limpio en Ciudades de América Latina, con cobertura a escala nacional(Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible & Programa CALAC+, 2023).

Para el año 2024, el empalme se realizó con base en el inventario proyectado generado por la misma fuente (Minambiente – CALAC+), derivado de la actualización del inventario base, la incorporación de nuevos ingresos de flota, estimados principalmente a partir de datos de importaciones de vehículos del DANE/DIAN, y la aplicación de un modelo de retiro. Este enfoque permitió reconstruir la dinámica de entrada y salida de la flota y, en consecuencia, estimar de manera consistente la composición y la actividad de la flota para dicho año.

El cálculo del dato de actividad para la subcategoría 1.A.2.g.vii. Vehículos todoterreno y otra maquinaria se basa en un enfoque de modelación operativa de la flota, en el cual el consumo energético se estima a partir de parámetros técnicos y de uso de los equipos.

En particular, se consideran variables como la edad de los equipos, las horas de operación anual, el factor de carga y la vida media, con el fin de estimar un indicador de uso relativo de la maquinaria. Este indicador se emplea para ajustar el desempeño del motor mediante funciones dependientes de constantes específicas para distintos contaminantes, incluyendo CO, NO_x, PM y HC.

El consumo de combustible se calcula a partir del consumo específico al freno (BSFC), ajustado mediante un factor transitorio de carga, e incorporando parámetros asociados a las características del combustible, como el contenido de azufre.

En la Tabla 3-27 se presentan los datos de actividad de la subcategoría 1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción.

Tabla 3-27. Industrias manufactureras y de la construcción: datos de actividad por combustible o fuente de GEI, carbono negro y contaminantes criterio

1.A.2.a. Hierro y acero													1.A.2.b. Metales no férreos		
Año	Gas natural	Diésel oil	Gasolina	Querosene	Carbón mineral	Carbón vegetal	Coque	Fuel oil	GLP	Leña	Petróleo	Residuos	Gas natural	Diésel oil	Biodiésel
	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)
1990	3.505,0	630,6	9,6	264,9	4.728,1	15,2	696,7	71,7	54,7	5,1	1.660,5	NO	2.847,8	2,0	NO
1991	3.726,8	669,1	9,6	272,3	5.382,9	15,3	695,9	68,9	57,0	5,1	2.097,7	NO	3.123,6	2,2	NO
1992	3.416,0	754,7	9,3	372,0	6.298,4	14,7	747,5	68,5	274,8	6,1	2.420,1	NO	3.123,7	2,2	NO
1993	2.733,6	625,2	9,2	387,3	9.854,5	14,6	758,8	69,0	292,9	5,6	2.345,0	NO	3.121,7	2,2	NO
1994	2.648,0	836,8	9,3	367,9	9.241,0	14,7	758,0	70,9	427,5	5,1	2.650,1	NO	3.222,6	2,2	NO
1995	3.055,1	927,7	9,5	385,9	7.130,8	15,1	769,5	70,7	428,6	4,7	2.663,9	NO	3.799,6	2,6	NO
1996	3.077,1	1.047,2	9,5	377,8	7.542,4	15,1	770,1	70,9	504,2	4,6	2.827,6	NO	3.547,4	2,5	NO
1997	2.757,5	1.063,1	9,5	381,9	7.672,0	15,1	769,5	70,6	528,4	4,0	3.064,6	NO	3.893,4	2,7	NO
1998	2.847,0	1.078,3	9,5	360,6	6.264,8	15,1	769,8	67,2	569,0	4,0	2.667,2	NO	4.352,7	3,0	NO
1999	3.068,6	962,6	9,0	355,4	7.155,8	14,3	1.442,0	70,5	577,4	3,9	1.989,1	NO	4.383,8	3,1	NO
2000	3.471,8	910,3	9,5	313,6	10.232,0	15,0	770,1	71,6	523,5	3,4	1.391,0	NO	4.290,4	3,0	NO
2001	4.253,3	668,8	9,6	313,6	8.759,5	15,3	770,1	71,7	528,0	3,2	603,7	NO	5.877,5	4,1	NO
2002	4.810,4	911,9	9,6	307,6	8.638,5	15,3	805,3	74,3	493,4	3,3	566,3	NO	6.745,2	4,7	NO
2003	5.303,3	1.045,4	10,0	294,2	8.721,9	15,9	749,1	77,2	466,0	3,6	704,8	NO	7.405,9	5,2	NO
2004	6.181,1	988,6	10,4	294,7	8.785,2	16,5	842,7	79,3	440,9	3,8	1.754,3	NO	7.551,2	5,3	NO
2005	6.804,9	953,3	10,7	295,3	8.818,2	16,9	973,8	87,9	451,2	3,5	787,1	NO	8.158,9	5,7	NO
2006	9.038,9	285,8	11,8	323,9	6.959,8	18,7	128,6	98,5	35,0	0,2	388,9	NO	7.872,9	5,5	NO
2007	7.562,7	191,7	49,6	358,9	7.709,1	6,0	71,0	93,2	30,5	0,1	241,6	NO	7.627,7	5,3	NO
2008	9.732,4	88,0	57,8	338,3	7.266,8	16,6	40,4	86,9	32,6	0,3	248,6	NO	6.440,4	4,5	NO
2009	10.766,4	252,1	57,0	314,1	6.747,0	15,4	177,9	95,8	29,5	0,3	182,4	NO	8.012,9	5,6	NO
2010	10.177,0	294,0	50,9	NO	7.373,4	16,9	227,6	12,6	33,0	0,4	128,1	NO	7.647,9	5,3	NO
2011	6.473,7	400,8	41,7	NO	8.019,5	29,1	129,4	9,1	40,5	0,6	133,3	NO	5.849,4	4,1	0,3
2012	10.080,9	670,3	21,7	NO	4.874,9	13,1	600,3	11,6	29,1	1,1	123,1	NO	8.100,7	5,6	0,4
2013	9.822,3	799,6	23,9	NO	5.482,7	14,4	37,0	14,0	20,3	0,7	53,8	NO	7.628,5	5,3	0,4
2014	5.685,3	826,9	19,2	NO	6.310,6	15,0	38,9	14,2	15,2	0,2	56,1	0,1	6.375,8	4,4	0,3
2015	10.592,1	297,0	4,5	NO	6.375,2	22,3	27,2	11,9	137,3	0,3	23,0	0,3	5.810,5	5,1	0,5
2016	12.170,3	657,9	11,7	NO	6.486,9	19,5	35,7	11,8	74,8	0,1	20,7	0,4	5.552,3	4,1	0,4
2017	10.075,9	465,4	5,6	NO	5.831,7	0,9	25,7	6,9	76,0	NO	29,9	0,3	5.709,3	4,1	0,4
2018	10.251,5	459,7	4,2	NO	5.962,2	1,3	34,8	3,9	38,2	NO	40,0	0,3	6.015,9	3,7	0,4
2019	10.421,2	547,0	3,4	NO	6.074,8	1,4	30,9	3,9	106,6	NO	37,2	0,9	6.005,6	3,7	0,2
2020	9.968,0	534,8	2,3	NO	5.446,3	0,8	11,5	3,8	87,1	NO	27,5	0,9	5.725,8	3,9	0,1
2021	9.911,7	730,1	1,7	NO	6.456,7	3,0	12,4	3,9	106,1	NO	24,4	0,3	7.184,1	4,8	0,1
2022	10.050,1	724,7	2,0	NO	7.241,1	3,0	10,6	1,5	144,4	NO	18,4	NO	6.467,8	4,5	0,3
2023	8.182,1	535,4	2,9	NO	6.896,9	1,2	7,4	1,4	145,3	NO	NO	NO	5.987,1	4,2	0,3
2024	8.180,5	535,3	2,9	NO	6.856,6	1,2	7,4	1,4	145,2	NO	NO	NO	6.215,5	4,3	0,3

1.A.2.c. Productos químicos												
Año	Gas natural (TJ)	Diésel oil (TJ)	Gasolina (TJ)	Querosene (TJ)	Carbón mineral (TJ)	Carbón vegetal (TJ)	Coque (TJ)	Fuel oil (TJ)	GLP (TJ)	Leña (TJ)	Petróleo (TJ)	Residuos (TJ)
1990	6.781,9	156,6	50,4	14,1	2.450,5	178,0	90,4	59,6	24,3	0,8	327,9	75,2
1991	6.830,1	157,7	50,7	14,2	2.532,5	178,0	90,2	138,5	25,2	0,8	330,2	74,3
1992	6.562,9	151,5	48,7	13,6	3.668,6	845,2	45,9	157,9	144,7	0,8	317,3	138,3
1993	6.528,0	150,7	48,5	13,5	4.626,1	490,7	46,6	108,0	154,2	0,8	315,6	176,7
1994	6.572,8	151,7	48,8	13,6	4.630,7	839,9	46,5	58,1	225,1	0,8	317,8	153,6
1995	6.751,6	155,9	50,1	14,0	4.098,0	770,2	47,2	161,6	225,7	0,8	326,4	156,3
1996	6.737,1	155,5	50,0	14,0	4.334,8	619,1	47,3	87,3	265,5	0,8	325,7	171,8
1997	6.755,2	155,9	50,2	14,0	4.461,9	727,0	47,2	161,6	278,2	0,8	326,6	173,2
1998	6.720,8	155,1	49,9	13,9	4.023,3	703,6	47,3	16,4	299,6	0,8	324,9	189,5
1999	6.401,7	147,8	47,5	13,3	4.225,8	589,5	88,5	75,6	304,1	0,7	309,5	181,2
2000	6.712,8	155,0	49,9	13,9	5.226,1	598,0	47,3	281,9	275,6	0,8	324,6	171,8
2001	6.821,0	157,5	50,7	14,2	4.848,3	427,1	47,3	281,9	278,0	0,8	329,8	171,8
2002	6.829,4	157,7	50,7	14,2	4.527,3	658,2	49,4	366,4	259,8	0,8	243,8	171,8
2003	7.080,5	163,5	52,6	14,7	3.913,7	539,9	46,0	127,3	245,3	0,8	204,9	170,4
2004	7.352,8	169,7	54,6	15,3	3.741,3	499,9	51,7	80,7	232,1	0,8	574,2	169,6
2005	7.556,5	174,4	56,1	15,7	3.987,4	459,9	59,8	81,3	237,6	0,9	188,9	169,5
2006	11.136,0	190,8	61,4	17,1	2.640,0	36,6	11,2	201,9	82,7	1,0	202,9	49,0
2007	11.919,1	95,0	44,2	18,4	2.826,6	40,0	12,1	20,1	72,6	0,3	200,0	52,7
2008	14.290,4	197,8	44,9	18,7	2.949,3	40,5	12,3	175,8	162,7	0,3	20,8	53,4
2009	10.089,4	240,6	39,5	25,4	4.045,2	4,9	11,9	189,1	115,0	0,3	41,5	195,2
2010	10.149,9	249,4	35,8	31,1	5.188,6	3,0	8,5	160,9	114,5	4,2	30,2	197,4
2011	11.369,5	322,0	39,0	4,8	4.333,6	9,8	12,2	159,7	104,8	4,5	145,7	199,6
2012	9.521,6	215,0	32,8	9,5	4.822,7	210,9	1,8	143,9	83,3	4,5	105,7	200,1
2013	10.375,3	178,8	28,6	8,1	4.429,2	66,9	1,0	20,0	53,8	4,7	70,4	206,4
2014	10.836,9	178,6	24,3	1,9	7.077,5	56,0	1,0	20,6	49,1	4,8	46,7	212,8
2015	8.850,5	152,9	21,9	1,0	6.058,6	82,5	1,0	21,1	199,0	4,9	5,5	189,3
2016	11.479,2	131,9	20,0	NO	6.250,3	83,4	0,8	22,1	291,6	5,1	4,2	197,8
2017	12.165,6	120,2	31,5	NO	4.366,8	41,9	12,4	15,7	306,7	5,1	4,1	671,2
2018	12.540,4	117,0	56,9	NO	4.968,3	NO	13,6	21,6	520,7	5,2	1,7	726,1
2019	9.183,3	104,3	56,4	NO	4.767,4	NO	9,2	89,0	560,4	5,2	1,5	218,0
2020	8.503,1	121,3	49,3	NO	4.535,1	NO	12,6	91,0	508,2	4,3	1,4	276,0
2021	16.856,5	125,5	61,4	NO	5.108,6	NO	11,2	121,6	789,3	3,6	2,3	376,6
2022	12.644,6	139,9	48,5	NO	7.714,4	NO	12,9	83,2	931,1	3,0	4,8	520,3
2023	14.698,3	122,3	60,3	NO	6.685,2	NO	15,3	61,7	936,7	4,0	3,5	580,3
2024	16.246,4	120,5	59,5	NO	6.670,4	NO	15,1	60,9	915,2	4,0	3,4	573,0

1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta													
Año	Gas natural	Diésel oil	Gasolina	Querosene	Carbón mineral	Carbón vegetal	Coque	Fuel oil	GLP	Leña	Petróleo	Residuos	Bagazo
	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)
1990	1.948,1	155,9	17,7	56,9	12.060,0	NO	NO	294,9	19,5	NO	1.794,3	548,5	2.405,8
1991	1.954,2	165,2	17,8	43,3	12.145,7	NO	NO	686,5	20,3	NO	1.695,5	513,6	2.661,8
1992	1.912,0	189,3	17,1	58,6	11.670,6	NO	NO	776,2	84,6	NO	1.957,2	932,6	1.130,3
1993	1.844,0	156,8	17,0	61,0	11.608,5	NO	NO	179,9	90,2	NO	1.896,2	1.316,2	1.487,1
1994	2.035,9	209,8	17,1	57,9	11.688,2	NO	NO	285,6	131,7	NO	2.139,9	1.048,4	1.490,4
1995	2.098,9	232,6	17,6	60,8	12.006,1	NO	NO	794,6	132,0	NO	2.150,0	1.032,3	1.508,9
1996	2.193,9	262,6	17,6	59,5	11.980,3	NO	NO	429,0	155,3	NO	2.280,1	1.160,4	1.505,3
1997	2.082,3	266,6	17,6	60,1	12.012,6	NO	NO	794,6	162,7	NO	2.468,9	1.146,7	1.550,7
1998	2.372,9	270,4	17,5	56,8	11.951,3	NO	NO	583,1	175,2	NO	2.365,5	1.310,9	1.574,9
1999	2.684,2	241,4	16,7	56,0	11.383,9	NO	NO	371,5	177,8	NO	1.611,7	1.260,9	1.565,6
2000	3.074,3	228,3	17,5	49,4	11.937,1	NO	NO	1.385,8	161,2	NO	887,3	1.128,9	1.565,1
2001	3.660,5	167,7	17,8	49,4	12.129,6	NO	NO	1.385,8	162,6	NO	397,2	1.103,3	1.727,4
2002	4.776,7	228,7	17,8	48,4	12.144,4	NO	NO	1.801,1	152,0	NO	408,3	1.039,0	1.800,5
2003	5.812,1	262,1	18,5	46,3	12.591,1	NO	NO	625,8	143,5	NO	408,6	1.112,1	1.873,5
2004	6.670,0	247,9	19,2	46,4	13.075,2	NO	NO	396,9	135,8	NO	980,2	1.109,4	2.274,4
2005	7.469,9	239,0	19,7	46,5	13.437,4	NO	NO	399,4	139,0	NO	637,2	990,9	1.711,6
2006	5.922,7	94,2	21,2	2,3	16.038,9	NO	NO	67,3	261,8	NO	545,3	39,6	1.833,5
2007	6.285,6	101,2	11,2	2,4	17.156,4	NO	NO	30,8	98,7	NO	316,8	42,4	1.957,3
2008	6.516,2	103,4	14,3	2,5	17.551,5	NO	105,2	383,3	100,5	NO	654,8	43,2	1.993,1
2009	5.508,1	74,0	12,2	2,2	15.786,9	307,2	55,2	330,5	60,1	NO	434,5	42,7	1.966,6
2010	5.939,5	83,5	11,4	7,1	15.002,1	60,4	56,7	92,4	177,7	0,5	771,1	43,8	76,8
2011	6.533,9	83,1	10,3	12,8	14.770,6	62,0	58,1	101,7	57,9	15,9	948,7	44,9	10,9
2012	8.550,8	81,6	11,9	3,6	14.081,5	63,5	52,6	46,6	31,1	3,5	774,0	46,0	NO
2013	9.204,5	68,5	8,1	0,9	12.761,0	63,4	103,4	25,6	42,8	2,5	373,5	24,0	NO
2014	8.825,5	31,3	8,7	0,5	11.961,8	64,8	105,7	1,8	31,0	NO	309,2	24,5	NO
2015	9.027,4	28,5	6,2	0,7	13.342,4	68,0	110,9	1,1	110,4	NO	311,1	25,8	NO
2016	9.598,9	27,5	6,9	0,1	13.347,5	72,2	120,4	8,1	136,0	NO	364,6	27,4	NO
2017	9.178,0	25,9	6,6	0,3	14.171,6	64,9	126,8	72,0	168,0	NO	332,0	27,3	NO
2018	9.818,4	29,8	6,5	0,1	14.514,2	65,1	123,5	58,7	172,6	NO	343,9	27,7	NO
2019	8.683,0	24,1	6,2	0,1	13.889,9	65,4	131,0	51,9	271,1	NO	339,0	91,1	NO
2020	8.575,8	26,0	4,6	0,0	13.843,7	64,8	119,0	66,2	214,9	NO	328,1	25,1	NO
2021	11.389,1	31,3	5,5	NO	15.130,7	26,9	205,2	148,9	171,0	NO	342,1	30,4	NO
2022	10.665,0	29,6	5,8	NO	16.400,0	NO	236,6	149,7	184,7	NO	351,6	26,3	NO
2023	11.077,2	27,2	4,9	NO	17.172,4	NO	275,1	123,1	185,8	NO	445,0	23,8	NO
2024	11.811,3	27,4	4,9	NO	17.746,3	NO	277,0	124,0	187,1	NO	448,1	24,0	NO

1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco													
Año	Gas natural	Diésel oil	Gasolina	Querosene	Carbón mineral	Carbón vegetal	Coque	Fuel oil	GLP	Leña	Petróleo	Residuos	Bagazo
	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)
1990	2.551,5	3.377,6	138,1	130,0	5.053,8	44,0	389,5	1.120,7	98,1	89,3	4.395,3	1.063,1	52.862,2
1991	2.559,5	3.583,5	139,1	133,6	5.263,4	44,3	392,2	2.607,4	102,9	88,3	4.195,8	1.070,6	58.976,8
1992	2.531,5	3.862,2	133,7	192,6	5.310,6	42,6	376,9	594,3	432,7	143,0	4.808,2	1.028,8	20.323,7
1993	2.441,4	3.199,0	133,0	200,5	7.043,8	42,3	374,9	601,3	461,1	131,4	4.657,5	1.023,3	29.469,3
1994	2.695,5	4.282,3	133,9	190,5	6.948,1	42,6	377,5	604,8	673,0	118,9	5.260,7	1.030,3	28.760,9
1995	2.778,9	4.747,1	137,5	199,8	5.909,2	43,8	387,7	608,3	674,7	108,9	5.285,6	1.058,3	28.409,0
1996	2.904,7	5.358,4	137,2	195,6	6.267,7	43,7	386,9	608,3	793,9	108,1	5.607,6	1.056,1	27.849,5
1997	2.756,9	5.440,2	137,6	197,7	6.417,1	43,8	387,9	608,3	831,9	93,4	6.074,4	1.058,9	28.477,7
1998	3.286,0	5.517,9	136,9	186,7	5.496,9	43,6	386,0	467,6	895,8	93,4	7.168,1	1.053,5	29.149,3
1999	3.887,7	4.925,5	130,4	184,0	5.769,3	41,5	367,6	758,8	909,1	450,4	4.266,0	1.003,5	29.531,2
2000	4.657,1	4.658,4	136,7	162,3	7.123,1	43,5	385,5	1.061,0	824,1	396,1	2.335,1	1.052,3	28.754,2
2001	5.799,9	3.422,4	138,9	162,3	6.612,2	44,2	391,7	1.061,0	831,2	364,9	1.034,6	1.069,2	32.359,4
2002	7.916,0	4.666,6	139,1	159,2	7.257,6	44,3	392,2	1.379,0	776,8	383,7	1.057,6	1.070,5	33.575,2
2003	10.074,0	5.349,4	144,2	152,3	7.644,2	45,9	406,6	479,1	733,6	416,8	1.295,1	1.109,9	34.902,6
2004	12.092,1	5.058,7	149,8	152,6	8.624,3	47,7	422,3	303,9	694,1	396,5	2.919,7	1.152,6	44.468,2
2005	14.164,0	4.878,0	153,9	152,9	8.743,1	49,0	434,0	305,8	710,4	404,0	630,3	1.184,5	29.896,9
2006	11.036,3	1.413,6	211,1	11,0	9.977,8	51,2	453,4	625,0	494,5	15,2	621,4	1.237,5	67.226,5
2007	11.009,6	1.230,7	150,6	5,9	10.495,2	55,9	355,1	335,1	249,5	16,0	303,2	1.273,2	70.413,2
2008	11.299,9	1.310,6	252,4	0,2	16.209,0	786,1	364,6	614,8	382,6	16,5	288,3	2.762,4	95.065,0
2009	11.314,0	1.249,0	239,8	0,9	12.137,4	779,3	556,6	538,3	418,6	16,7	364,2	2.015,4	87.263,4
2010	11.915,7	2.302,4	132,3	1,9	22.974,3	43,3	312,3	419,6	483,3	16,4	326,8	2.949,8	46.517,6
2011	11.639,9	1.151,6	126,6	0,0	20.147,7	41,6	437,2	210,2	412,5	9,9	250,2	2.760,0	67.476,1
2012	12.549,0	817,8	138,4	0,8	26.235,6	0,2	303,9	149,6	274,0	7,5	95,7	3.966,8	60.644,9
2013	13.099,0	833,9	123,8	0,8	17.260,5	10,9	351,8	149,3	928,8	8,2	57,0	3.152,6	61.463,7
2014	13.379,6	795,6	154,9	0,9	16.513,1	5,0	279,4	185,0	815,4	9,7	14,9	3.831,3	74.712,3
2015	13.292,9	759,1	129,7	0,9	14.417,2	NO	313,7	226,8	1.938,8	8,4	2,1	2.735,2	74.176,9
2016	13.663,4	763,5	179,3	8,5	15.779,8	35,8	360,1	124,5	1.811,5	36,3	8,3	3.503,3	71.859,9
2017	12.548,7	788,2	75,0	8,6	18.618,0	197,7	366,6	137,2	2.337,3	44,4	4,8	7.148,2	57.007,1
2018	12.857,7	684,6	130,4	8,8	28.855,3	30,6	392,9	139,0	2.086,5	22,4	7,7	7.791,2	82.165,6
2019	14.084,4	860,0	66,6	9,0	19.899,2	4,9	231,4	86,8	2.486,4	19,2	9,3	5.736,5	71.858,5
2020	16.380,0	909,5	54,2	8,7	19.812,4	2,2	234,8	91,6	2.470,1	32,9	7,9	6.416,6	75.369,4
2021	14.634,9	891,9	57,8	9,3	21.612,0	54,1	261,1	115,6	2.776,6	43,6	7,5	6.900,0	83.570,2
2022	15.681,3	948,7	99,3	10,9	23.309,0	67,5	301,7	84,1	3.368,1	49,2	9,3	7.761,6	87.224,8
2023	16.553,9	726,3	84,5	11,0	20.165,1	48,0	223,9	44,4	3.388,3	50,4	18,3	8.794,4	90.123,1
2024	16.281,6	709,6	82,5	10,7	20.357,8	46,9	218,6	43,4	3.308,0	49,2	17,9	8.584,2	91.084,4

1.A.2.f. Minerales no metálicos													
Año	Gas natural	Diésel oil	Gasolina	Querosene	Carbón mineral	Carbón vegetal	Coque	Fuel oil	GLP	Leña	Petróleo	Residuos	Bagazo
	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)
1990	9.030,7	3.140,9	56,8	1.618,8	24.945,6	63,7	578,6	83,4	215,2	393,4	2.430,3	818,0	9.030,7
1991	9.148,1	3.267,5	57,2	1.635,2	25.300,5	64,1	578,6	86,8	880,2	394,0	2.447,6	823,8	9.148,1
1992	9.265,4	4.129,0	55,0	1.887,4	25.365,6	61,6	578,6	88,1	1.327,3	632,9	2.351,8	791,6	9.265,4
1993	9.382,8	4.766,9	54,7	1.964,6	32.097,1	61,3	578,6	88,5	1.601,1	576,0	2.339,3	787,4	9.382,8
1994	9.500,1	4.655,9	55,1	1.866,5	31.859,6	61,7	578,6	89,6	1.777,5	521,5	2.355,4	792,8	9.500,1
1995	9.617,5	3.616,0	56,6	1.957,9	27.510,4	63,4	578,6	154,3	1.630,2	477,4	2.419,4	814,4	9.617,5
1996	9.734,9	4.511,5	56,5	1.916,7	29.146,8	63,2	578,6	135,1	3.118,0	474,1	2.414,2	812,6	9.734,9
1997	9.852,2	4.536,5	56,6	1.937,2	29.876,3	63,4	578,6	44,3	3.854,8	409,7	2.420,7	814,8	9.852,2
1998	9.969,6	2.078,5	56,3	1.829,6	26.758,1	63,1	578,6	581,0	1.517,0	409,7	2.408,4	810,7	9.969,6
1999	10.087,0	2.458,4	53,6	1.803,3	28.715,5	60,1	578,6	817,7	785,3	50,9	2.294,1	772,2	10.087,0
2000	10.093,6	2.528,2	56,3	1.590,9	36.393,4	63,0	578,6	254,6	385,9	44,8	2.405,5	809,7	10.093,6
2001	10.321,7	2.303,9	57,2	1.590,9	35.267,0	64,0	578,6	353,7	371,7	41,3	1.123,3	822,7	10.321,7
2002	10.439,0	2.386,2	57,2	1.560,5	30.206,5	64,1	578,6	307,7	734,5	43,4	1.079,9	823,8	10.439,0
2003	10.556,4	2.945,4	59,3	1.492,6	30.705,4	66,5	578,6	294,5	821,4	47,1	1.168,9	854,0	10.556,4
2004	10.673,8	2.053,0	61,6	1.495,2	36.110,6	69,0	578,6	194,6	1.279,3	44,4	1.745,1	886,9	10.673,8
2005	10.791,1	1.852,4	63,3	1.498,2	48.087,6	70,9	578,6	75,5	1.580,9	45,7	1.328,1	911,5	10.791,1
2006	10.313,9	1.400,9	73,8	9,2	48.339,4	81,0	578,6	379,0	748,5	162,8	1.108,0	1.062,3	10.313,9
2007	11.093,0	677,7	35,3	1,8	53.936,8	78,5	235,5	202,0	768,5	240,5	294,5	644,1	11.093,0
2008	10.717,1	1.429,4	55,2	6,8	53.967,7	719,6	5.710,8	203,0	495,4	241,8	113,5	647,3	10.717,1
2009	10.524,8	1.029,0	65,3	0,3	51.864,4	123,0	4.814,2	146,5	289,9	565,8	80,2	1.477,4	10.524,8
2010	11.490,2	1.217,4	57,0	0,0	40.767,3	327,8	15.008,9	117,2	142,9	400,7	111,3	1.164,4	11.490,2
2011	11.355,3	1.310,7	59,7	0,0	34.635,1	547,2	15.836,7	137,5	243,0	227,4	40,5	1.312,1	11.355,3
2012	10.002,2	1.156,2	37,2	0,0	44.237,8	464,7	10.153,3	182,9	230,2	363,5	39,6	659,7	10.002,2
2013	11.464,3	1.147,7	47,4	0,5	43.887,1	436,1	10.817,1	170,8	141,5	317,1	60,8	798,9	11.464,3
2014	10.717,6	1.205,7	41,0	0,4	45.626,3	438,4	12.515,7	57,5	118,6	546,4	56,2	902,5	10.717,6
2015	11.533,3	1.180,5	76,3	0,5	42.525,2	4,2	1.482,6	250,2	615,9	132,4	24,3	446,7	11.533,3
2016	15.686,5	1.874,8	80,8	0,4	45.078,3	2,0	331,6	140,1	391,7	96,9	0,8	500,7	15.686,5
2017	18.455,2	1.070,6	98,9	0,6	39.153,8	3,4	332,2	154,4	429,7	221,0	34,5	502,6	18.455,2
2018	15.681,2	1.015,1	63,7	1,7	43.287,2	11,8	184,9	153,2	657,7	192,7	39,3	556,0	15.681,2
2019	14.728,4	1.037,9	37,9	1,2	42.000,9	11,6	62,8	41,3	621,6	138,6	35,7	641,4	14.728,4
2020	12.919,1	882,3	28,7	1,1	37.413,9	9,5	55,5	38,3	706,7	136,2	41,0	383,5	12.919,1
2021	18.608,3	970,1	30,9	0,2	40.335,6	10,6	292,4	37,3	874,2	215,8	23,4	378,5	18.608,3
2022	18.597,9	1.131,3	33,1	0,2	42.840,7	14,5	393,9	98,4	1.250,2	231,8	38,9	520,2	18.597,9
2023	18.436,1	1.123,8	33,4	0,2	43.740,2	40,7	374,0	117,3	1.257,7	218,1	38,2	518,2	18.436,1
2024	17.364,0	1.054,6	31,3	0,2	41.148,1	38,2	351,0	110,0	1.180,2	204,6	35,9	486,3	17.364,0

1.A.2.g.i. Manufactura de maquinaria											
Año	Gas natural (TJ)	Diésel oil (TJ)	Gasolina (TJ)	Querosene (TJ)	Carbón mineral (TJ)	Carbón vegetal (TJ)	Coque (TJ)	Fuel oil (TJ)	Leña (TJ)	Petróleo (TJ)	Residuos (TJ)
1990	1.456,1	143,2	102,7	0,8	2,3	3,9	26,8	36,2	NO	81,6	NO
1991	1.456,1	143,2	102,7	0,8	2,3	3,9	26,8	36,2	NO	81,6	NO
1992	1.456,1	143,2	102,7	0,8	2,3	3,9	26,8	36,2	NO	81,6	NO
1993	1.456,1	143,2	102,7	0,8	2,3	3,9	26,8	36,2	NO	81,6	NO
1994	1.456,1	143,2	102,7	0,8	2,3	3,9	26,8	36,2	NO	81,6	NO
1995	1.456,1	143,2	102,7	0,8	2,3	3,9	26,8	36,2	NO	81,6	NO
1996	1.456,1	143,2	102,7	0,8	2,3	3,9	26,8	36,2	NO	81,6	NO
1997	1.456,1	143,2	102,7	0,8	2,3	3,9	26,8	36,2	NO	81,6	NO
1998	1.456,1	143,2	102,7	0,8	2,3	3,9	26,8	36,2	NO	81,6	NO
1999	1.456,1	143,2	102,7	0,8	2,3	3,9	26,8	36,2	NO	81,6	NO
2000	1.456,1	143,2	102,7	0,8	2,3	3,9	26,8	36,2	NO	81,6	NO
2001	1.456,1	143,2	102,7	0,8	2,3	3,9	26,8	36,2	NO	81,6	NO
2002	1.456,1	143,2	102,7	0,8	2,3	3,9	26,8	36,2	NO	81,6	NO
2003	1.456,1	143,2	102,7	0,8	2,3	3,9	26,8	36,2	NO	81,6	NO
2004	1.456,1	143,2	102,7	0,8	2,3	3,9	26,8	36,2	NO	81,6	NO
2005	1.456,1	143,2	102,7	0,8	2,3	3,9	26,8	36,2	NO	81,6	NO
2006	1.456,1	143,2	102,7	0,8	2,3	3,9	26,8	36,2	NO	81,6	NO
2007	1.648,2	27,4	39,9	NO	10,1	4,7	8,1	7,8	NO	65,7	NO
2008	1.625,2	66,8	60,4	1,1	34,9	6,4	26,1	22,5	0,1	76,6	NO
2009	1.530,3	72,5	89,3	0,8	18,9	0,9	19,9	21,5	0,1	0,5	NO
2010	1.581,0	84,2	88,3	0,6	80,2	9,8	57,0	22,1	0,1	0,7	NO
2011	1.637,4	73,8	88,6	0,3	67,7	3,8	74,9	16,3	0,2	0,2	NO
2012	1.707,9	64,0	65,1	0,1	19,1	2,9	61,5	14,0	0,5	0,3	NO
2013	1.649,2	95,1	53,2	0,1	35,5	0,1	41,9	9,8	0,1	1,0	0,9
2014	1.427,3	107,2	49,7	1,3	48,1	0,1	55,2	9,3	0,1	0,3	12,5
2015	1.343,7	77,0	231,2	0,1	71,3	0,1	35,4	5,2	0,2	0,1	12,7
2016	1.319,5	78,1	285,4	0,1	11,9	0,1	37,5	12,3	NO	0,1	79,1
2017	1.206,6	54,5	240,9	0,0	17,9	5,4	384,4	9,9	NO	0,1	73,6
2018	1.215,4	58,6	309,6	0,1	23,8	6,4	32,2	6,5	NO	0,1	72,6
2019	1.188,2	50,6	319,2	0,1	18,3	5,5	24,7	2,8	NO	0,1	71,6
2020	1.086,9	43,8	278,3	0,1	12,7	4,7	22,6	2,4	NO	0,4	67,1
2021	1.206,6	41,7	507,6	0,1	7,1	3,8	11,2	3,1	NO	NO	NO
2022	1.287,5	43,4	664,6	0,1	1,5	3,0	13,3	3,2	NO	NO	NO
2023	1.139,2	44,7	668,6	0,1	NO	NO	13,3	7,2	NO	NO	NO
2024	1.149,5	44,0	663,0	0,1	NO	NO	13,6	7,2	NO	NO	NO

1.A.2.g.ii. Manufactura de equipos de transporte												
Año	Gas natural (TJ)	Diésel oil (TJ)	Gasolina (TJ)	Querosene (TJ)	Carbón mineral (TJ)	Carbón vegetal (TJ)	Coque (TJ)	Fuel oil (TJ)	Leña (TJ)	Petróleo (TJ)	Residuos (TJ)	GLP (TJ)
1990	527,3	14,9	24,3	NO	11,2	NO	21,8	1,4	NO	NO	NO	36,9
1991	527,3	14,9	24,3	NO	11,2	NO	21,8	1,4	NO	NO	NO	36,9
1992	527,3	14,9	24,3	NO	11,2	NO	21,8	1,4	NO	NO	NO	36,9
1993	527,3	14,9	24,3	NO	11,2	NO	21,8	1,4	NO	NO	NO	36,9
1994	527,3	14,9	24,3	NO	11,2	NO	21,8	1,4	NO	NO	NO	36,9
1995	527,3	14,9	24,3	NO	11,2	NO	21,8	1,4	NO	NO	NO	36,9
1996	527,3	14,9	24,3	NO	11,2	NO	21,8	1,4	NO	NO	NO	36,9
1997	527,3	14,9	24,3	NO	11,2	NO	21,8	1,4	NO	NO	NO	36,9
1998	527,3	14,9	24,3	NO	11,2	NO	21,8	1,4	NO	NO	NO	36,9
1999	527,3	14,9	24,3	NO	11,2	NO	21,8	1,4	NO	NO	NO	36,9
2000	527,3	14,9	24,3	NO	11,2	NO	21,8	1,4	NO	NO	NO	36,9
2001	527,3	14,9	24,3	NO	11,2	NO	21,8	1,4	NO	NO	NO	36,9
2002	527,3	14,9	24,3	NO	11,2	NO	21,8	1,4	NO	NO	NO	36,9
2003	527,3	14,9	24,3	NO	11,2	NO	21,8	1,4	NO	NO	NO	36,9
2004	527,3	14,9	24,3	NO	11,2	NO	21,8	1,4	NO	NO	NO	36,9
2005	527,3	14,9	24,3	NO	11,2	NO	21,8	1,4	NO	NO	NO	36,9
2006	527,3	14,9	24,3	NO	11,2	NO	21,8	1,4	NO	NO	NO	36,9
2007	461,3	16,0	2,1	NO	11,5	NO	0,6	0,0	NO	NO	NO	32,9
2008	374,8	34,7	44,9	0,3	12,6	NO	0,0	0,4	NO	42,0	32,7	26,4
2009	377,4	53,8	46,6	NO	11,6	34,3	17,4	0,3	0,4	NO	91,7	23,7
2010	282,6	48,0	46,8	NO	2,9	39,6	28,9	1,4	NO	NO	67,0	26,1
2011	294,3	45,8	57,6	0,0	1,0	53,0	35,2	12,8	NO	NO	91,7	50,8
2012	481,1	13,2	51,5	NO	5,6	40,9	20,5	9,4	NO	NO	64,7	49,9
2013	438,5	14,2	49,5	NO	0,3	9,8	25,5	8,8	NO	NO	15,5	39,6
2014	397,4	14,2	43,5	1,1	0,3	NO	16,6	9,3	NO	NO	NO	26,6
2015	398,0	9,6	5,9	NO	7,2	NO	26,1	4,8	NO	0,1	NO	33,7
2016	341,8	7,9	78,7	NO	47,3	NO	12,2	4,7	NO	NO	NO	52,6
2017	298,4	12,2	16,8	NO	30,2	NO	13,3	8,1	NO	NO	NO	59,0
2018	308,6	10,0	10,1	NO	37,8	NO	15,3	8,7	NO	NO	NO	71,7
2019	347,0	7,2	4,4	NO	36,1	NO	14,4	5,4	NO	NO	NO	70,7
2020	229,9	3,2	11,2	NO	25,5	NO	12,0	3,5	NO	NO	NO	57,0
2021	294,7	2,5	11,3	NO	27,3	NO	10,0	4,9	NO	NO	NO	100,1
2022	282,3	3,1	10,0	NO	NO	NO	11,1	2,1	NO	NO	NO	153,6
2023	242,1	2,3	11,4	NO	NO	NO	11,1	2,4	NO	NO	NO	154,5
2024	213,3	2,2	13,9	NO	NO	NO	8,9	1,9	NO	NO	NO	174,3

Año	1.A.2.g.iii. Minería y explotación de canteras		1.A.2.g.iv. Madera y productos de la madera											
	Gas natural	Diésel oil	Carbón mineral	Carbón vegetal	Coque	Diésel oil	Fuel oil	GLP	Gas natural	Gasolina	Leña	Petróleo	Querosene	Residuos
	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)
1990	1.286,4	71,3	99,8	NO	NO	25,5	NO	8,8	351,8	3,7	12,2	56,0	0,1	369,3
1991	1.286,4	71,3	99,8	NO	NO	25,5	NO	8,8	351,8	3,7	12,2	56,0	0,1	369,3
1992	1.286,4	71,3	99,8	NO	NO	25,5	NO	8,8	351,8	3,7	12,2	56,0	0,1	369,3
1993	1.286,4	71,3	99,8	NO	NO	25,5	NO	8,8	351,8	3,7	12,2	56,0	0,1	369,3
1994	1.286,4	71,3	99,8	NO	NO	25,5	NO	8,8	351,8	3,7	12,2	56,0	0,1	369,3
1995	1.286,4	71,3	99,8	NO	NO	25,5	NO	8,8	351,8	3,7	12,2	56,0	0,1	369,3
1996	1.286,4	71,3	99,8	NO	NO	25,5	NO	8,8	351,8	3,7	12,2	56,0	0,1	369,3
1997	1.286,4	71,3	99,8	NO	NO	25,5	NO	8,8	351,8	3,7	12,2	56,0	0,1	369,3
1998	1.286,4	71,3	99,8	NO	NO	25,5	NO	8,8	351,8	3,7	12,2	56,0	0,1	369,3
1999	1.286,4	71,3	99,8	NO	NO	25,5	NO	8,8	351,8	3,7	12,2	56,0	0,1	369,3
2000	1.286,4	71,3	99,8	NO	NO	25,5	NO	8,8	351,8	3,7	12,2	56,0	0,1	369,3
2001	1.286,4	71,3	99,8	NO	NO	25,5	NO	8,8	351,8	3,7	12,2	56,0	0,1	369,3
2002	1.286,4	71,3	99,8	NO	NO	25,5	NO	8,8	351,8	3,7	12,2	56,0	0,1	369,3
2003	1.286,4	71,3	99,8	NO	NO	25,5	NO	8,8	351,8	3,7	12,2	56,0	0,1	369,3
2004	1.286,4	71,3	99,8	NO	NO	25,5	NO	8,8	351,8	3,7	12,2	56,0	0,1	369,3
2005	1.286,4	71,3	99,8	NO	NO	25,5	NO	8,8	351,8	3,7	12,2	56,0	0,1	369,3
2006	1.286,4	71,3	99,8	NO	NO	25,5	NO	8,8	351,8	3,7	12,2	56,0	0,1	369,3
2007	1.286,4	71,3	94,1	NO	NO	19,3	NO	8,9	403,7	1,3	18,5	57,7	0,8	111,2
2008	1.286,4	71,3	282,5	21,1	NO	24,6	84,6	8,5	388,3	2,7	17,8	10,6	0,8	109,2
2009	1.286,4	71,3	18,3	4,4	33,8	22,3	75,3	7,8	375,9	5,4	46,0	9,8	0,1	18,0
2010	1.286,4	71,3	20,3	3,4	20,3	24,7	91,9	16,8	483,8	8,0	38,0	9,7	0,1	17,9
2011	1.308,4	21,9	7,4	3,3	18,3	25,8	75,6	25,2	411,6	8,9	50,0	9,9	0,1	18,4
2012	1.328,9	18,6	8,3	79,8	21,7	21,6	93,5	26,6	494,3	7,1	28,0	NO	0,1	17,7
2013	1.295,8	18,6	8,5	4,4	22,8	28,5	93,4	25,4	406,4	6,7	33,7	NO	0,1	18,6
2014	1.342,1	16,3	8,9	2,4	NO	30,2	100,3	29,4	275,4	5,0	35,2	NO	0,1	19,1
2015	1.496,4	14,1	8,9	1,1	NO	22,0	58,4	295,1	239,4	4,1	38,4	NO	0,1	20,5
2016	1.581,2	10,4	9,1	3,1	NO	9,8	8,3	508,6	138,8	4,0	53,3	NO	0,1	20,9
2017	1.226,4	8,0	1,6	3,0	NO	21,1	1,1	515,5	104,3	5,8	52,1	NO	0,1	20,2
2018	1.342,1	8,8	1,6	136,1	NO	23,9	1,7	850,1	168,4	5,0	165,8	NO	0,1	18,5
2019	1.311,2	8,6	NO	94,9	NO	110,6	1,7	635,8	142,9	3,5	454,2	NO	0,1	87,8
2020	1.211,0	7,9	NO	50,0	NO	135,9	0,4	566,9	135,9	3,6	395,0	NO	0,1	NO
2021	1.349,8	8,9	NO	54,4	NO	147,5	0,4	730,0	164,6	4,1	487,3	NO	0,1	NO
2022	1.386,8	9,1	NO	NO	NO	153,5	1,7	720,1	180,2	3,9	436,9	NO	0,1	NO
2023	1.401,5	9,2	NO	NO	NO	98,6	1,6	724,5	161,9	5,0	315,3	NO	0,1	NO
2024	1.428,2	9,4	NO	NO	NO	91,8	1,5	674,0	150,6	4,6	293,4	NO	0,1	NO

	1.A.2.g.v. Construcción	1.A.2.g.vi. Textiles y cueros												
Año	Gas natural	Diésel oil	Gasolina	Gas natural	Diésel oil	Gasolina	Querosene	Carbón mineral	Carbón vegetal	Coque	Fuel oil	Petróleo	Residuos	GLP
	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)
1990	47,6	1.858,8	923,2	420,9	11,3	18,2	167,4	5.090,4	NO	NO	103,0	2.052,5	7,4	27,6
1991	51,6	2.013,2	999,9	422,8	13,4	19,7	171,8	5.274,6	NO	NO	241,0	1.365,9	7,4	28,9
1992	52,8	2.061,1	1.023,7	417,0	11,9	20,2	231,7	6.249,9	NO	NO	270,5	1.549,3	11,1	106,0
1993	58,3	2.275,6	1.130,2	402,2	7,9	22,3	241,1	8.259,8	NO	NO	62,7	1.500,6	14,1	113,0
1994	60,3	2.354,4	1.169,4	444,0	13,5	23,0	229,1	8.272,0	NO	NO	99,5	1.697,7	12,3	164,9
1995	59,6	2.324,8	1.154,7	457,8	15,2	22,8	240,3	6.958,6	NO	NO	276,9	1.706,3	12,5	165,4
1996	56,7	2.213,6	1.099,4	478,5	18,3	21,7	235,3	7.468,8	NO	NO	149,5	1.811,7	13,7	194,6
1997	57,5	2.243,4	1.114,2	454,2	18,1	22,0	237,8	7.600,0	NO	NO	276,9	1.964,3	13,8	203,9
1998	56,1	2.189,8	1.087,6	536,5	18,7	21,4	224,6	6.690,4	NO	NO	212,9	1.878,2	15,2	219,6
1999	51,1	1.995,9	991,3	638,0	15,9	19,5	221,3	7.191,9	NO	NO	129,5	1.272,3	14,5	222,8
2000	49,7	1.939,4	963,2	777,6	13,0	19,0	195,3	9.069,7	NO	NO	482,9	687,6	13,7	202,0
2001	51,0	1.989,5	988,1	995,7	4,4	19,5	195,3	7.795,0	NO	NO	482,9	276,0	13,7	203,7
2002	51,0	1.990,2	988,5	1.409,5	11,3	19,5	191,5	5.548,3	NO	NO	627,6	492,4	13,7	190,4
2003	52,5	2.047,3	1.016,8	1.873,9	14,9	20,0	183,2	6.457,8	NO	NO	218,0	558,0	13,6	179,8
2004	56,4	2.201,6	1.093,5	2.363,3	12,2	21,5	183,5	7.568,0	NO	NO	138,3	1.331,0	13,6	170,1
2005	60,3	2.354,0	1.169,1	2.922,1	10,5	23,0	183,9	6.308,3	NO	NO	139,2	467,0	13,6	174,1
2006	68,6	2.679,2	1.330,7	3.509,3	266,0	25,3	1,7	10.294,7	63,3	0,4	245,1	547,6	NO	87,5
2007	79,8	2.879,0	1.959,3	3.253,6	133,5	12,6	1,6	7.759,0	161,4	0,1	18,0	310,7	NO	58,6
2008	68,6	2.856,0	1.697,7	3.324,2	196,4	136,6	NO	8.783,5	39,7	70,7	222,4	295,9	83,0	41,5
2009	85,8	2.821,2	1.681,2	3.422,4	108,3	41,5	0,1	10.547,2	22,9	12,5	151,1	395,0	77,6	64,2
2010	84,8	3.583,7	1.850,8	3.760,7	61,9	34,8	0,6	9.685,2	88,2	4,4	49,6	401,2	44,4	186,7
2011	89,9	4.859,9	1.714,8	3.467,2	57,3	37,4	NO	8.481,4	3,8	0,2	57,4	232,3	120,4	221,1
2012	93,9	4.150,4	1.309,1	3.218,0	53,0	32,5	NO	10.192,1	0,1	2,8	24,5	12,7	131,3	25,6
2013	102,0	4.480,5	2.481,1	4.666,1	30,2	28,9	NO	8.436,6	450,9	2,0	19,9	8,4	147,9	23,7
2014	124,2	3.014,8	2.223,9	4.407,1	29,1	25,4	0,2	9.754,1	35,7	NO	22,4	13,3	149,0	13,7
2015	121,1	3.217,5	2.767,7	4.412,8	19,6	14,9	0,2	7.281,5	48,5	NO	29,4	1,2	89,0	65,1
2016	147,4	3.337,3	3.157,9	4.305,6	23,5	14,7	0,2	6.696,7	50,9	NO	19,9	23,0	70,5	191,6
2017	145,4	2.437,7	3.300,8	3.672,6	15,0	16,2	0,2	6.405,7	45,8	NO	31,0	0,8	14,4	316,9
2018	135,3	2.772,2	6.151,2	2.636,7	16,5	15,0	0,2	5.473,3	54,4	NO	31,5	NO	14,6	286,6
2019	156,5	920,4	7.278,6	2.539,9	28,5	13,6	0,3	6.074,3	NO	NO	34,4	NO	116,6	427,5
2020	117,1	2.548,5	5.470,1	2.038,3	53,8	11,1	0,2	4.701,4	NO	NO	21,9	NO	9,6	217,1
2021	111,1	1.215,2	6.995,6	2.676,7	61,4	6,7	NO	5.273,6	NO	59,7	22,9	NO	10,7	115,8
2022	109,0	636,8	7.739,9	2.945,1	57,2	7,4	NO	4.668,3	48,6	65,0	23,5	NO	13,9	145,4
2023	81,8	530,3	9.157,5	2.697,3	47,4	7,6	NO	4.574,3	84,4	NO	19,5	NO	NO	146,3
2024	83,1	539,3	9.313,2	2.629,5	45,6	7,3	NO	4.834,0	77,5	NO	19,1	NO	NO	142,6

Año	1.A.2.g.vii. Vehículos todoterreno y otra maquinaria	1.A.2.g.viii. Otros											
	Diésel oil	Carbón mineral	Carbón vegetal	Coque	Diésel oil	Fuel oil	GLP	Gas natural	Gasolina	Leña	Petróleo	Querosene	Residuos
	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)
1990	2.888,3	3,1	NO	6,1	2.548,10	136,7	10,5	368,1	24,6	6,5	1.021,90	331,6	NO
1991	3.112,0	3,1	NO	6,4	2.708,80	132,7	11	368,6	24,7	6,5	967,3	343,1	NO
1992	3.424,3	32,1	NO	8,9	3.994,50	128,9	43	1183,5	23,8	3,9	1.116,10	69,0	NO
1993	3.774,9	40,6	NO	9	3.239,30	125,1	45,9	1141,4	23,6	5,6	1.087,20	71,9	NO
1994	4.348,9	40,6	NO	9	4.441,80	121,5	67	1260,2	23,8	5,1	1.229,80	68,3	NO
1995	4.944,6	35,9	NO	9,2	4.931,80	118	67,1	1299,2	24,5	4,7	1.242,90	71,6	NO
1996	5.481,0	38,0	NO	9,2	5.609,20	114,6	79	1358,0	24,4	4,6	1.324,50	70,1	NO
1997	6.036,2	39,1	NO	9,2	5.675,00	111,3	82,8	1288,9	24,5	4	1.440,60	70,9	NO
1998	6.696,3	35,3	NO	9,2	5.767,70	108	89,1	1651,4	24,3	4	1.392,30	66,9	NO
1999	7.389,3	37,1	NO	17,2	5.120,10	104,9	90,4	1573,8	23,2	3,9	950,9	66,0	NO
2000	8.297,0	45,8	NO	9,2	4.771,50	101,9	82	1676,4	24,3	3,4	522,7	58,2	NO
2001	8.944,2	42,5	NO	9,2	4.588,90	99	82,7	1778,9	24,7	3,2	193,4	58,2	NO
2002	9.675,6	39,7	NO	9,6	4.594,50	96,1	77,3	1881,5	24,7	3,3	214,8	57,1	NO
2003	10.596,2	34,3	NO	8,9	5.335,90	93,4	73	1984,0	25,6	3,6	242,4	54,6	NO
2004	12.312,3	32,7	NO	10	4.982,90	25,8	69,1	2086,5	26,6	174,4	578,4	54,7	NO
2005	14.553,9	34,8	NO	11,6	4.769,00	88,1	70,7	2189,1	27,4	3,5	310,3	54,8	NO
2006	16.962,9	2081,9	NO	17,9	73,3	15,7	62,2	1858,5	29,4	2,3	7,7	0,1	1,8E-02
2007	19.068,7	2182,8	NO	NO	27,6	2,1	48,1	1764,6	22,3	NO	0,2	4,6E-02	NO
2008	21.178,7	2274,7	NO	37,3	62	9,8	63,6	2101,3	73,4	30,9	2,9	1,1E-02	NO
2009	22.054,7	2139,3	NO	0,4	61,5	3,6	61,3	2646,4	34,7	1	0,3	6,1E-03	NO
2010	23.677,8	2236,4	NO	40,2	73,4	10,4	61,1	2782,2	42,8	NO	NO	NO	NO
2011	26.700,0	2313,7	13,9	3,3	94,2	4,7	60,8	2702,0	39,7	0,9	0,3	NO	NO
2012	30.871,8	2388,8	13,9	2,2	65	8,7	60,1	2709,7	28,7	0,1	3,7	4,1E-02	NO
2013	34.872,0	2397,8	12,7	30,2	47,6	6,4	92,9	2971,7	24	0,1	1,0E-02	NO	NO
2014	37.428,2	2460,9	13,5	2,2	50,4	6,9	63,9	2699,6	25,7	0,1	7,2E-04	NO	NO
2015	38.927,9	2551,9	NO	3,6	47,9	4,6	387,6	2927,5	20	1,7	8,7E-04	NO	2,4
2016	39.608,9	2534,4	NO	NO	164	2,1	440,3	2699,2	23,5	1,8	1,0E-03	NO	NO
2017	41.106,1	2478,8	NO	NO	154,2	2,1	446	2906,9	25,7	1,3	4,1E-03	NO	NO
2018	42.845,4	2589,6	NO	NO	59,9	5,3	411,5	3039,3	27,8	2,4	3,9E-03	NO	NO
2019	44.974,6	2557,5	NO	NO	47,1	2,7	439,8	3454,7	26	0,5	3,5E-03	NO	NO
2020	45.879,3	2151,9	NO	NO	48,4	2,9	383,3	3081,8	19,7	NO	2,8E-03	NO	3,5
2021	47.891,9	2302,6	NO	NO	58,6	0,4	356,3	4223,6	19,4	NO	3,5E-03	NO	NO
2022	50.472,0	2445,5	NO	NO	61,2	2,1	415,3	3629,1	22,9	101,7	5,8E-03	NO	NO
2023	51.108,0	2242,8	NO	NO	93,3	4,2	417,8	3930,7	31,9	291,5	5,1E-03	NO	NO
2024	53.484,2	2381,3	NO	NO	95,2	4,2	404,5	3989,7	32,5	310	4,8E-03	NO	NO

Nota: NO: No ocurre. Fuente: Elaboración a partir de UPME; DANE; Planta de producción de Ferroníquel; Minambiente; Calac +

3.2.7.2.2 Factores de emisión aplicados en la subcategoría

Para las emisiones de CO_2, se emplearon factores de emisión provenientes del documento Factores de Emisión de Combustibles de Colombia (Amell Arrieta et al., 2016), correspondientes a un Nivel (Tier) 2, los cuales reflejan condiciones específicas del contexto nacional. Estos factores fueron aplicados a los principales combustibles utilizados en las subcategorías industriales, incluyendo diésel oil, gas natural, carbón mineral, fuel oil, gasolina, GLP, petróleo, querosene, leña, bagazo y biodiésel. Para las emisiones de CH_4 y N_2O, se utilizaron principalmente factores de emisión por defecto de las Directrices del IPCC 2006 (Tier 1), diferenciados por tipo de combustible y categoría, en concordancia con las recomendaciones metodológicas para fuentes de combustión estacionaria e industrial. En el caso de la biomasa (leña, bagazo, residuos y carbón vegetal), se aplicaron factores diferenciados que reflejan mayores tasas de emisión, mientras que para combustibles fósiles se emplearon valores por defecto consistentes con condiciones de combustión típicas. De manera particular, para la subcategoría 1.A.2.g.vii Vehículos todoterreno y otra maquinaria, se utilizaron factores específicos de diésel oil para CH_4 y N_2O, en concordancia con el enfoque diferenciado basado en modelación de flota.

Para los contaminantes atmosféricos distintos a GEI (incluyendo CO, NO_x, COVDM, NH_3, SO_x, PM_{10}, $PM_{2.5}$ y carbono negro), se emplearon factores de emisión provenientes de la Guía EMEP/EEA (European Environment Agency, 2019h), correspondientes a un Nivel (Tier) 1, los cuales son ampliamente utilizados para inventarios de emisiones atmosféricas. Estos factores fueron aplicados diferenciando entre combustibles fósiles y biomasa, considerando sus características de combustión. Para biomasa (leña, bagazo, residuos y carbón vegetal) se aplicaron factores de emisión más elevados, asociados a condiciones de combustión menos eficientes, mientras que para combustibles como gas natural se utilizaron factores considerablemente menores.

En el caso particular de la subcategoría 1.A.2.g.vii, los factores de emisión de contaminantes atmosféricos se aplicaron en función de parámetros operativos del equipo; se emplearon principalmente factores de la guía EMEP/EEA (2019), expresados en unidades acordes con el dato de actividad (g/GJ, g/kWh y g/t), en función del tipo de fuente y nivel de detalle disponible. Los factores de emisión se presentaron como rangos que variaron en función del rango de potencia del equipo y de las categorías tecnológicas (Tier 0, 1, 2, 4i y 4f); estas categorías correspondieron a características operativas y tecnológicas de los motores y no a niveles metodológicos. Esta aproximación permitió representar la variabilidad de las emisiones; por ejemplo, el CO en maquinaria fuera de carretera se expresó en el rango [7,0 10 E-02 – 6,00 g/kWh]. Como excepción, los factores de COVDM se expresaron en g/t y dependieron de la categoría tecnológica (Tier), sin considerar el rango de potencia.

La selección de factores de emisión combina factores específicos nacionales (Tier 2) para CO_2 y factores por defecto internacionales (Tier 1) para otros contaminantes, lo que permite garantizar un balance entre disponibilidad de información y coherencia metodológica.

Los supuestos asociados a la aplicación de factores de emisión se relacionan principalmente con la representatividad de los valores utilizados frente a las condiciones reales de combustión en el país, así como con la homogeneidad tecnológica dentro de cada subcategoría. La Tabla 3-28 presenta el resumen de los factores de emisión utilizados por subcategoría, combustible y tipo de contaminante.

Tabla 3-28. Industrias manufactureras y de la construcción: factores de emisión aplicados por fuente de GEI, carbono negro y contaminantes criterio

Subcategoría	Fuente FE	Nivel (Tier)	Clasif.	Cont	Valor	Unidad
1.A.2.a. Hierro y acero 1.A.2.b. Metales no férreos 1.A.2.c. Productos químicos 1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta 1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco 1.A.2.f. Minerales no metálicos 1.A.2.g.i. Manufactura de maquinaria 1.A.2.g.ii. Manufactura de equipos de transporte 1.A.2.g.iv. Madera y productos de la madera 1.A.2.g.v. Construcción 1.A.2.g.vi. Textiles y cueros 1.A.2.g.viii. Otros	UPME, 2016 FECOC	2	Gas natural	CO_2	55.539,1	kg CO_2/TJ
1.A.2.a. Hierro y acero 1.A.2.c. Productos químicos 1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta 1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco 1.A.2.f. Minerales no metálicos 1.A.2.g.ii. Manufactura de equipos de transporte 1.A.2.g.iv. Madera y productos de la madera 1.A.2.g.vi. Textiles y cueros 1.A.2.g.viii. Otros	UPME, 2016 FECOC	2	GLP	CO_2	67.185,1	kg CO_2/TJ
1.A.2.a. Hierro y acero 1.A.2.c. Productos químicos 1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta 1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco 1.A.2.f. Minerales no metálicos 1.A.2.g.i. Manufactura de maquinaria 1.A.2.g.ii. Manufactura de equipos de transporte 1.A.2.g.iii. Minería (excluidos combustibles) y explotación de canteras 1.A.2.g.iv. Madera y productos de la madera 1.A.2.g.v. Construcción 1.A.2.g.vi. Textiles y cueros 1.A.2.g.viii. Otros	UPME, 2016 FECOC	2	Gasolina	CO_2	69.323,7	kg CO_2/TJ
1.A.2.a. Hierro y acero 1.A.2.c. Productos químicos 1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta 1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco 1.A.2.f. Minerales no metálicos 1.A.2.g.i. Manufactura de maquinaria 1.A.2.g.ii. Manufactura de equipos de transporte 1.A.2.g.iv. Madera y productos de la madera 1.A.2.g.vi. Textiles y cueros 1.A.2.g.viii. Otros	UPME, 2016 FECOC	2	Querosene	CO_2	73.939,6	kg CO_2/TJ

Subcategoría	Fuente FE	Nivel (Tier)	Clasif.	Cont	Valor	Unidad
1.A.2.a. Hierro y acero 1.A.2.b. Metales no férreos 1.A.2.c. Productos químicos 1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta 1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco 1.A.2.f. Minerales no metálicos 1.A.2.g.i. Manufactura de maquinaria 1.A.2.g.ii. Manufactura de equipos de transporte 1.A.2.g.iii. Minería (excluidos combustibles) y explotación de canteras 1.A.2.g.iv. Madera y productos de la madera 1.A.2.g.v. Construcción 1.A.2.g.vi. Textiles y cueros 1.A.2.g.vii. Vehículos todoterreno y otra maquinaria 1.A.2.g.viii. Otros	UPME, 2016 FECOC	2	Diésel oil	CO_2	74.233,4	kg CO_2/TJ
1.A.2.a. Hierro y acero 1.A.2.c. Productos químicos 1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta 1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco 1.A.2.f. Minerales no metálicos 1.A.2.g.i. Manufactura de maquinaria 1.A.2.g.ii. Manufactura de equipos de transporte 1.A.2.g.iv. Madera y productos de la madera 1.A.2.g.vi. Textiles y cueros 1.A.2.g.viii. Otros	UPME, 2016 FECOC	2	Petróleo	CO_2	77.841,8	kg CO_2/TJ
1.A.2.a. Hierro y acero 1.A.2.c. Productos químicos 1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta 1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco 1.A.2.f. Minerales no metálicos 1.A.2.g.i. Manufactura de maquinaria 1.A.2.g.ii. Manufactura de equipos de transporte 1.A.2.g.iv. Madera y productos de la madera 1.A.2.g.vi. Textiles y cueros 1.A.2.g.viii. Otros	UPME, 2016 FECOC	2	Fuel oil	CO_2	78.281,2	kg CO_2/TJ
1.A.2.a. Hierro y acero 1.A.2.c. Productos químicos 1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta 1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco 1.A.2.f. Minerales no metálicos 1.A.2.g.i. Manufactura de maquinaria 1.A.2.g.ii. Manufactura de equipos de transporte 1.A.2.g.iv. Madera y productos de la madera 1.A.2.g.vi. Textiles y cueros 1.A.2.g.viii. Otros	UPME, 2016 FECOC	2	Carbón mineral	CO_2	88.136,0	kg CO_2/TJ

Subcategoría	Fuente FE	Nivel (Tier)	Clasif.	Cont	Valor	Unidad
1.A.2.a. Hierro y acero 1.A.2.c. Productos químicos 1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta 1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco 1.A.2.f. Minerales no metálicos 1.A.2.g.i. Manufactura de maquinaria 1.A.2.g.ii. Manufactura de equipos de transporte 1.A.2.g.iv. Madera y productos de la madera 1.A.2.g.viii. Otros	UPME, 2016 FECOC	2	Leña	CO_2	89.524,9	kg CO_2/TJ
1.A.2.b. Metales no férreos	UPME, 2016 FECOC	2	Biodiésel	CO_2	54.806,5	kg CO_2/TJ
1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta 1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco	UPME, 2016 FECOC	2	Bagazo	CO_2	112.929,7	kg CO_2/TJ
1.A.2.a. Hierro y acero 1.A.2.c. Productos químicos 1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta 1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco 1.A.2.f. Minerales no metálicos 1.A.2.g.i. Manufactura de maquinaria 1.A.2.g.ii. Manufactura de equipos de transporte 1.A.2.g.iv. Madera y productos de la madera 1.A.2.g.vi. Textiles y cueros 1.A.2.g.viii. Otros	IPCC, 2006 Cu.2.3 V.2 Ch.2	1	Residuos	CO_2	100.000,0	kg CO_2/TJ
1.A.2.a. Hierro y acero 1.A.2.c. Productos químicos 1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta 1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco 1.A.2.f. Minerales no metálicos 1.A.2.g.i. Manufactura de maquinaria 1.A.2.g.ii. Manufactura de equipos de transporte 1.A.2.g.iv. Madera y productos de la madera 1.A.2.g.vi. Textiles y cueros 1.A.2.g.viii. Otros	IPCC, 2006 Cu.2.3 V.2 Ch.2	1	Coque	CO_2	107.000,0	kg CO_2/TJ
1.A.2.a. Hierro y acero 1.A.2.c. Productos químicos 1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta 1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco 1.A.2.f. Minerales no metálicos 1.A.2.g.i. Manufactura de maquinaria 1.A.2.g.ii. Manufactura de equipos de transporte 1.A.2.g.iv. Madera y productos de la madera 1.A.2.g.vi. Textiles y cueros 1.A.2.g.viii. Otros	IPCC, 2006 Cu.2.3 V.2 Ch.2	1	Carbón vegetal	CO_2	112.000,0	kg CO_2/TJ
1.A.2.a. Hierro y acero 1.A.2.b. Metales no férreos 1.A.2.c. Productos químicos	IPCC, 2006 Cu.2.3 V.2 Ch.2	1	Carbón mineral, Coque, Gas natural, GLP	CH_4	1,0	kg CH_4/TJ

Subcategoría	Fuente FE	Nivel (Tier)	Clasif.	Cont	Valor	Unidad
1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta 1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco 1.A.2.f. Minerales no metálicos 1.A.2.g.i. Manufactura de maquinaria 1.A.2.g.ii. Manufactura de equipos de transporte 1.A.2.g.iv. Madera y productos de la madera 1.A.2.g.v. Construcción 1.A.2.g.vi. Textiles y cueros 1.A.2.g.viii. Otros						
1.A.2.a. Hierro y acero 1.A.2.b. Metales no férreos 1.A.2.c. Productos químicos 1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta 1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco 1.A.2.f. Minerales no metálicos 1.A.2.g.i. Manufactura de maquinaria 1.A.2.g.ii. Manufactura de equipos de transporte 1.A.2.g.iii. Minería (excluidos combustibles) y explotación de canteras 1.A.2.g.iv. Madera y productos de la madera 1.A.2.g.v. Construcción 1.A.2.g.vi. Textiles y cueros 1.A.2.g.viii. Otros	IPCC, 2006 Cu.2.3 V.2 Ch.2	1	Biodiésel, Diésel oil, Fuel oil, Gasolina, Petróleo, Querosene	CH_4	3,0	kg CH_4/TJ
1.A.2.g.vii. Vehículos todoterreno y otra maquinaria	IPCC, 2006 Cu.3.3.1 V.2 Ch.3	1	Diésel oil	CH_4	4,2	kg CH_4/TJ
1.A.2.g.i. Manufactura de maquinaria	IPCC, 2006 Cu.2.3 V.2 Ch.2	1	Carbón mineral, Coque	CH_4	10,0	kg CH_4/TJ
1.A.2.a. Hierro y acero 1.A.2.c. Productos químicos 1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta 1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco 1.A.2.f. Minerales no metálicos 1.A.2.g.i. Manufactura de maquinaria 1.A.2.g.ii. Manufactura de equipos de transporte 1.A.2.g.iv. Madera y productos de la madera 1.A.2.g.vi. Textiles y cueros 1.A.2.g.viii. Otros	IPCC, 2006 Cu.2.3 V.2 Ch.2	1	Bagazo, Leña, Residuos	CH_4	30,0	kg CH_4/TJ
1.A.2.a. Hierro y acero 1.A.2.c. Productos químicos 1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta 1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco 1.A.2.f. Minerales no metálicos 1.A.2.g.i. Manufactura de maquinaria 1.A.2.g.ii. Manufactura de equipos de transporte 1.A.2.g.iv. Madera y productos de la madera	IPCC, 2006 Cu.2.3 V.2 Ch.2	1	Carbón vegetal	CH_4	200,0	kg CH_4/TJ

Subcategoría	Fuente FE	Nivel (Tier)	Clasif.	Cont	Valor	Unidad
1.A.2.g.vi. Textiles y cueros 1.A.2.g.viii. Otros						
1.A.2.a. Hierro y acero 1.A.2.b. Metales no férreos 1.A.2.c. Productos químicos 1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta 1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco 1.A.2.f. Minerales no metálicos 1.A.2.g.i. Manufactura de maquinaria 1.A.2.g.ii. Manufactura de equipos de transporte 1.A.2.g.iv. Madera y productos de la madera 1.A.2.g.v. Construcción 1.A.2.g.vi. Textiles y cueros 1.A.2.g.viii. Otros	IPCC, 2006 Cu.2.3 V.2 Ch.2	1	Gas natural, GLP	N_2O	1,0E-01	kg N_2O/TJ
1.A.2.a. Hierro y acero 1.A.2.b. Metales no férreos 1.A.2.c. Productos químicos 1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta 1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco 1.A.2.f. Minerales no metálicos 1.A.2.g.i. Manufactura de maquinaria 1.A.2.g.ii. Manufactura de equipos de transporte 1.A.2.g.iii. Minería (excluidos combustibles) y explotación de canteras 1.A.2.g.iv. Madera y productos de la madera 1.A.2.g.vi. Textiles y cueros 1.A.2.g.v. Construcción 1.A.2.g.viii. Otros	IPCC, 2006 Cu.2.3 V.2 Ch.2	1	Biodiésel, Coque, Diésel oil, Fuel oil, Gasolina, Petróleo, Querosene	N_2O	6,0E-01	kg N_2O/TJ
1.A.2.a. Hierro y acero 1.A.2.c. Productos químicos 1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta 1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco 1.A.2.f. Minerales no metálicos 1.A.2.g.i. Manufactura de maquinaria 1.A.2.g.ii. Manufactura de equipos de transporte 1.A.2.g.iv. Madera y productos de la madera 1.A.2.g.vi. Textiles y cueros 1.A.2.g.viii. Otros	IPCC, 2006 Cu.2.3 V.2 Ch.2	1	Carbón mineral, Coque	N_2O	1,5	kg N_2O/TJ
1.A.2.a. Hierro y acero 1.A.2.c. Productos químicos 1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta 1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco 1.A.2.f. Minerales no metálicos 1.A.2.g.i. Manufactura de maquinaria 1.A.2.g.ii. Manufactura de equipos de transporte 1.A.2.g.iv. Madera y productos de la madera	IPCC, 2006 Cu.2.3 V.2 Ch.2	1	Bagazo, Carbón vegetal, Leña, Residuos	N_2O	4,0	kg N_2O/TJ

Subcategoría	Fuente FE	Nivel (Tier)	Clasif.	Cont	Valor	Unidad
1.A.2.g.vi. Textiles y cueros 1.A.2.g.viii. Otros						
1.A.2.g.vii. Vehículos todoterreno y otra maquinaria	IPCC, 2006 Cu.3.3.1 V.2 Ch.3	1	Diésel oil	N_2O	28,6	kg N_2O/TJ
1.A.2.a. Hierro y acero 1.A.2.b. Metales no férreos 1.A.2.c. Productos químicos 1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta 1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco 1.A.2.f. Minerales no metálicos 1.A.2.g.i. Manufactura de maquinaria 1.A.2.g.ii. Manufactura de equipos de transporte 1.A.2.g.iv. Madera y productos de la madera 1.A.2.g.v. Construcción 1.A.2.g.vi. Textiles y cueros 1.A.2.g.viii. Otros	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A2-Tb 3-2 a 3-5	1	Gas natural	CO	29,0	g CO/GJ
1.A.2.a. Hierro y acero 1.A.2.b. Metales no férreos 1.A.2.c. Productos químicos 1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta 1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco 1.A.2.f. Minerales no metálicos 1.A.2.g.i. Manufactura de maquinaria 1.A.2.g.ii. Manufactura de equipos de transporte 1.A.2.g.iii. Minería (excluidos combustibles) y explotación de canteras 1.A.2.g.vi. Textiles y cueros 1.A.2.g.iv. Madera y productos de la madera 1.A.2.g.v. Construcción 1.A.2.g.viii. Otros	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A2-Tb 3-2 a 3-5	1	Biodiésel, Diésel oil, Fuel oil, Gasolina, GLP, Petróleo, Querosene	CO	66,0	g CO/GJ
1.A.2.a. Hierro y acero 1.A.2.c. Productos químicos 1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta 1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco 1.A.2.f. Minerales no metálicos 1.A.2.g.i. Manufactura de maquinaria 1.A.2.g.ii. Manufactura de equipos de transporte 1.A.2.g.iv. Madera y productos de la madera 1.A.2.g.vi. Textiles y cueros 1.A.2.g.viii. Otros	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A2-Tb 3-2 a 3-5	1	Bagazo, Carbón vegetal, Leña, Residuos	CO	570,0	g CO/GJ
1.A.2.a. Hierro y acero 1.A.2.c. Productos químicos 1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta 1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco 1.A.2.f. Minerales no metálicos 1.A.2.g.i. Manufactura de maquinaria	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A2-Tb 3-2 a 3-5	1	Carbón mineral, Coque	CO	931,0	g CO/GJ

Subcategoría	Fuente FE	Nivel (Tier)	Clasif.	Cont	Valor	Unidad
1.A.2.g.ii. Manufactura de equipos de transporte 1.A.2.g.iv. Madera y productos de la madera 1.A.2.g.vi. Textiles y cueros 1.A.2.g.viii. Otros						
1.A.2.g.vii. Vehículos todoterreno y otra maquinaria	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A2-Tb 3-6	1	Diésel oil	CO	[7,0E-02 - 6,00]	g/kWh
1.A.2.a. Hierro y acero 1.A.2.b. Metales no férreos 1.A.2.c. Productos químicos 1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta 1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco 1.A.2.f. Minerales no metálicos 1.A.2.g.i. Manufactura de maquinaria 1.A.2.g.ii. Manufactura de equipos de transporte 1.A.2.g.iv. Madera y productos de la madera 1.A.2.g.v. Construcción 1.A.2.g.vi. Textiles y cueros 1.A.2.g.viii. Otros	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A2-Tb 3-2 a 3-5	1	Gas natural	COVDM	23,0	g COVDM/GJ
1.A.2.a. Hierro y acero 1.A.2.b. Metales no férreos 1.A.2.c. Productos químicos 1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta 1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco 1.A.2.f. Minerales no metálicos 1.A.2.g.i. Manufactura de maquinaria 1.A.2.g.ii. Manufactura de equipos de transporte 1.A.2.g.iv. Madera y productos de la madera 1.A.2.g.v. Construcción 1.A.2.g.vi. Textiles y cueros 1.A.2.g.viii. Otros	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A2-Tb 3-2 a 3-5	1	Biodiésel, Diésel oil, Fuel oil, Gasolina, GLP, Petróleo, Querosene	COVDM	25,0	g COVDM/GJ
1.A.2.a. Hierro y acero 1.A.2.c. Productos químicos 1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta 1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco 1.A.2.f. Minerales no metálicos 1.A.2.g.i. Manufactura de maquinaria 1.A.2.g.ii. Manufactura de equipos de transporte 1.A.2.g.vi. Textiles y cueros 1.A.2.g.iv. Madera y productos de la madera 1.A.2.g.viii. Otros	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A2-Tb 3-2 a 3-5	1	Carbón mineral, Coque	COVDM	88,8	g COVDM/GJ
1.A.2.a. Hierro y acero 1.A.2.c. Productos químicos 1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta 1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco 1.A.2.f. Minerales no metálicos	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A2-Tb 3-2 a 3-5	1	Bagazo, Carbón vegetal, Leña, Residuos	COVDM	300,0	g COVDM/GJ

Subcategoría	Fuente FE	Nivel (Tier)	Clasif.	Cont	Valor	Unidad
1.A.2.g.i. Manufactura de maquinaria 1.A.2.g.ii. Manufactura de equipos de transporte 1.A.2.g.vi. Textiles y cueros 1.A.2.g.iv. Madera y productos de la madera 1.A.2.g.viii. Otros						
1.A.2.g.vii. Vehículos todoterreno y otra maquinaria	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A2-Tb 3-2	1	Diésel oil	COVDM	[536 - 5.851]	g/t
1.A.2.a. Hierro y acero 1.A.2.b. Metales no férreos 1.A.2.c. Productos químicos 1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta 1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco 1.A.2.f. Minerales no metálicos 1.A.2.g.i. Manufactura de maquinaria 1.A.2.g.ii. Manufactura de equipos de transporte 1.A.2.g.iv. Madera y productos de la madera 1.A.2.g.vi. Textiles y cueros 1.A.2.g.v. Construcción 1.A.2.g.viii. Otros	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch..1A2-Tb 3-2 a 3-5	1	Gas natural	CN	4,0E-02	%$PM_{2.5}$
1.A.2.a. Hierro y acero 1.A.2.c. Productos químicos 1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta 1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco 1.A.2.f. Minerales no metálicos 1.A.2.g.i. Manufactura de maquinaria 1.A.2.g.ii. Manufactura de equipos de transporte 1.A.2.g.vi. Textiles y cueros 1.A.2.g.iv. Madera y productos de la madera 1.A.2.g.viii. Otros	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A2-Tb 3-2 a 3-5	1	Carbón mineral, Coque	CN	6,4E-02	%$PM_{2.5}$
1.A.2.a. Hierro y acero 1.A.2.c. Productos químicos 1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta 1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco 1.A.2.f. Minerales no metálicos 1.A.2.g.i. Manufactura de maquinaria 1.A.2.g.ii. Manufactura de equipos de transporte 1.A.2.g.iv. Madera y productos de la madera 1.A.2.g.vi. Textiles y cueros 1.A.2.g.viii. Otros	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A2-Tb 3-2 a 3-5	1	Bagazo, Carbón vegetal, Leña, Residuos	CN	2,8E-01	%$PM_{2.5}$
1.A.2.a. Hierro y acero 1.A.2.b. Metales no férreos 1.A.2.c. Productos químicos 1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta 1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco 1.A.2.f. Minerales no metálicos	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A2-Tb 3-2 a 3-5	1	Biodiésel, Diésel oil, Fuel oil, Gasolina, GLP, Petróleo, Querosene	CN	5,6E-01	%$PM_{2.5}$

Subcategoría	Fuente FE	Nivel (Tier)	Clasif.	Cont	Valor	Unidad
1.A.2.g.i. Manufactura de maquinaria 1.A.2.g.ii. Manufactura de equipos de transporte 1.A.2.g.iii. Minería (excluidos combustibles) y explotación de canteras 1.A.2.g.iv. Madera y productos de la madera 1.A.2.g.vi. Textiles y cueros 1.A.2.g.v. Construcción 1.A.2.g.viii. Otros						
1.A.2.g.vii. Vehículos todoterreno y otra maquinaria	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A2-Tb 3-6	1	Diésel oil	CN	[1,0E-02 - 1,3]	g/kWh
1.A.2.g.vii. Vehículos todoterreno y otra maquinaria	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A2-Tb 3-6	1	Diésel oil	HC	[3,0E-02 - 3,8]	g/kWh
1.A.2.g.vii. Vehículos todoterreno y otra maquinaria	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A2-Tb 3-6	1	Diésel oil	NH_3	2,0E-03	g/kWh
1.A.2.a. Hierro y acero 1.A.2.c. Productos químicos 1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta 1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco 1.A.2.f. Minerales no metálicos 1.A.2.g.i. Manufactura de maquinaria 1.A.2.g.ii. Manufactura de equipos de transporte 1.A.2.g.iv. Madera y productos de la madera 1.A.2.g.vi. Textiles y cueros 1.A.2.g.viii. Otros	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A2-Tb 3-2 a 3-5	1	Bagazo, Carbón vegetal, Leña, Residuos	NH_3	1,2	g NH3/GJ
1.A.2.a. Hierro y acero 1.A.2.b. Metales no férreos 1.A.2.c. Productos químicos 1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta 1.A.2.f. Minerales no metálicos 1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco 1.A.2.g.i. Manufactura de maquinaria 1.A.2.g.ii. Manufactura de equipos de transporte 1.A.2.g.iv. Madera y productos de la madera 1.A.2.g.v. Construcción 1.A.2.g.vi. Textiles y cueros 1.A.2.g.viii. Otros	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A2-Tb 3-2 a 3-5	1	Gas natural	NO_x	74,0	g NO_x/GJ
1.A.2.a. Hierro y acero 1.A.2.c. Productos químicos 1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta 1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco 1.A.2.f. Minerales no metálicos 1.A.2.g.i. Manufactura de maquinaria 1.A.2.g.ii. Manufactura de equipos de transporte	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A2-Tb 3-2 a 3-5	1	Bagazo, Carbón vegetal, Leña, Residuos	NO_x	91,0	g NO_x/GJ

Subcategoría	Fuente FE	Nivel (Tier)	Clasif.	Cont	Valor	Unidad
1.A.2.g.iv. Madera y productos de la madera 1.A.2.g.vi. Textiles y cueros 1.A.2.g.viii. Otros						
1.A.2.a. Hierro y acero 1.A.2.c. Productos químicos 1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta 1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco 1.A.2.f. Minerales no metálicos 1.A.2.g.i. Manufactura de maquinaria 1.A.2.g.ii. Manufactura de equipos de transporte 1.A.2.g.iv. Madera y productos de la madera 1.A.2.g.vi. Textiles y cueros 1.A.2.g.viii. Otros	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A2-Tb 3-2 a 3-5	1	Carbón mineral, Coque	NO_x	173,0	g NO_x/GJ
1.A.2.a. Hierro y acero 1.A.2.b. Metales no férreos 1.A.2.c. Productos químicos 1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta 1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco 1.A.2.f. Minerales no metálicos 1.A.2.g.i. Manufactura de maquinaria 1.A.2.g.ii. Manufactura de equipos de transporte 1.A.2.g.iii. Minería (excluidos combustibles) y explotación de canteras 1.A.2.g.iv. Madera y productos de la madera 1.A.2.g.v. Construcción 1.A.2.g.vi. Textiles y cueros 1.A.2.g.viii. Otros	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A2-Tb 3-2 a 3-5	1	Biodiésel, Diésel oil, Fuel oil, Gasolina, GLP, Petróleo, Querosene	NO_x	513,0	g NO_x/GJ
1.A.2.g.vii. Vehículos todoterreno y otra maquinaria	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A2-Tb 3-6	1	Diésel oil	NO_x	[4,0E-02 -18,0]	g/kWh
1.A.2.a. Hierro y acero 1.A.2.b. Metales no férreos 1.A.2.c. Productos químicos 1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta 1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco 1.A.2.f. Minerales no metálicos 1.A.2.g.i. Manufactura de maquinaria 1.A.2.g.ii. Manufactura de equipos de transporte 1.A.2.g.iv. Madera y productos de la madera 1.A.2.g.v. Construcción 1.A.2.g.vi. Textiles y cueros 1.A.2.g.viii. Otros	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A2-Tb 3-2 a 3-5	1	Gas natural	PM_{10}	0,8	g PM_{10}/GJ
1.A.2.a. Hierro y acero 1.A.2.b. Metales no férreos 1.A.2.c. Productos químicos 1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A2-Tb 3-2 a 3-5	1	Biodiésel, Diésel oil, Fuel oil, Gasolina, GLP, Petróleo, Querosene	PM_{10}	20,0	g PM_{10}/GJ

Subcategoría	Fuente FE	Nivel (Tier)	Clasif.	Cont	Valor	Unidad
1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco 1.A.2.f. Minerales no metálicos 1.A.2.g.i. Manufactura de maquinaria 1.A.2.g.ii. Manufactura de equipos de transporte 1.A.2.g.iii. Minería (excluidos combustibles) y explotación de canteras 1.A.2.g.iv. Madera y productos de la madera 1.A.2.g.v. Construcción 1.A.2.g.vi. Textiles y cueros 1.A.2.g.viii. Otros						
1.A.2.a. Hierro y acero 1.A.2.c. Productos químicos 1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta 1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco 1.A.2.f. Minerales no metálicos 1.A.2.g.i. Manufactura de maquinaria 1.A.2.g.ii. Manufactura de equipos de transporte 1.A.2.g.iv. Madera y productos de la madera 1.A.2.g.vi. Textiles y cueros 1.A.2.g.viii. Otros	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A2-Tb 3-2 a 3-5	1	Carbón mineral, Coque	PM_{10}	117,0	g PM_{10}/GJ
1.A.2.a. Hierro y acero 1.A.2.c. Productos químicos 1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta 1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco 1.A.2.f. Minerales no metálicos 1.A.2.g.i. Manufactura de maquinaria 1.A.2.g.ii. Manufactura de equipos de transporte 1.A.2.g.iv. Madera y productos de la madera 1.A.2.g.vi. Textiles y cueros 1.A.2.g.viii. Otros	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A2-Tb 3-2 a 3-5	1	Bagazo, Carbón vegetal, Leña, Residuos	PM_{10}	143,0	g PM_{10}/GJ
1.A.2.g.vii. Vehículos todoterreno y otra maquinaria	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A2-Tb 3-6	1	Diésel oil	PM_{10}	[2,0E-02 - 2,3]	g/kWh
1.A.2.a. Hierro y acero 1.A.2.b. Metales no férreos 1.A.2.c. Productos químicos 1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta 1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco 1.A.2.f. Minerales no metálicos 1.A.2.g.i. Manufactura de maquinaria 1.A.2.g.ii. Manufactura de equipos de transporte 1.A.2.g.iv. Madera y productos de la madera 1.A.2.g.v. Construcción 1.A.2.g.vi. Textiles y cueros 1.A.2.g.viii. Otros	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A2-Tb 3-2 a 3-5	1	Gas natural	$PM_{2.5}$	0,8	g $PM_{2.5}$/GJ

Subcategoría	Fuente FE	Nivel (Tier)	Clasif.	Cont	Valor	Unidad
1.A.2.a. Hierro y acero 1.A.2.b. Metales no férreos 1.A.2.c. Productos químicos 1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta 1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco 1.A.2.f. Minerales no metálicos 1.A.2.g.i. Manufactura de maquinaria 1.A.2.g.ii. Manufactura de equipos de transporte 1.A.2.g.iii. Minería (excluidos combustibles) y explotación de canteras 1.A.2.g.iv. Madera y productos de la madera 1.A.2.g.v. Construcción 1.A.2.g.vi. Textiles y cueros 1.A.2.g.viii. Otros	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A2-Tb 3-2 a 3-5	1	Biodiésel, Diésel oil, Fuel oil, Gasolina, GLP, Petróleo, Querosene	$PM_{2.5}$	20,0	g $PM_{2.5}$/GJ
1.A.2.a. Hierro y acero 1.A.2.c. Productos químicos 1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta 1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco 1.A.2.f. Minerales no metálicos 1.A.2.g.i. Manufactura de maquinaria 1.A.2.g.ii. Manufactura de equipos de transporte 1.A.2.g.iv. Madera y productos de la madera 1.A.2.g.vi. Textiles y cueros 1.A.2.g.viii. Otros	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A2-Tb 3-2 a 3-5	1	Carbón mineral, Coque	$PM_{2.5}$	108,0	g $PM_{2.5}$/GJ
1.A.2.a. Hierro y acero 1.A.2.c. Productos químicos 1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta 1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco 1.A.2.f. Minerales no metálicos 1.A.2.g.i. Manufactura de maquinaria 1.A.2.g.ii. Manufactura de equipos de transporte 1.A.2.g.iv. Madera y productos de la madera 1.A.2.g.vi. Textiles y cueros 1.A.2.g.viii. Otros	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A2-Tb 3-2 a 3-5	1	Bagazo, Carbón vegetal, Leña, Residuos	$PM_{2.5}$	140,0	g $PM_{2.5}$/GJ
1.A.2.g.vii. Vehículos todoterreno y otra maquinaria	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A2-Tb 3-6	1	Diésel oil	$PM_{2.5}$	[2,0E-02 - 2,3]	g/kWh
1.A.2.a. Hierro y acero 1.A.2.b. Metales no férreos 1.A.2.c. Productos químicos 1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta 1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco 1.A.2.f. Minerales no metálicos 1.A.2.g.i. Manufactura de maquinaria 1.A.2.g.ii. Manufactura de equipos de transporte 1.A.2.g.iv. Madera y productos de la madera	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A2-Tb 3-2 a 3-5	1	Gas natural	SO_x	0,7	g SO_x/GJ

Subcategoría	Fuente FE	Nivel (Tier)	Clasif.	Cont	Valor	Unidad
1.A.2.g.v. Construcción 1.A.2.g.vi. Textiles y cueros 1.A.2.g.viii. Otros						
1.A.2.a. Hierro y acero 1.A.2.b. Metales no férreos 1.A.2.c. Productos químicos 1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta 1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco 1.A.2.f. Minerales no metálicos 1.A.2.g.i. Manufactura de maquinaria 1.A.2.g.ii. Manufactura de equipos de transporte 1.A.2.g.iii. Minería (excluidos combustibles) y explotación de canteras 1.A.2.g.iv. Madera y productos de la madera 1.A.2.g.v. Construcción 1.A.2.g.vi. Textiles y cueros 1.A.2.g.viii. Otros	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A2-Tb 3-2 a 3-5	1	Bagazo, Carbón vegetal, Leña, Residuos	SO_x	11,0	g SO_x/GJ
1.A.2.a. Hierro y acero 1.A.2.b. Metales no férreos 1.A.2.c. Productos químicos 1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta 1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco 1.A.2.f. Minerales no metálicos 1.A.2.g.i. Manufactura de maquinaria 1.A.2.g.ii. Manufactura de equipos de transporte 1.A.2.g.iii. Minería (excluidos combustibles) y explotación de canteras 1.A.2.g.iv. Madera y productos de la madera 1.A.2.g.v. Construcción 1.A.2.g.vi. Textiles y cueros 1.A.2.g.viii. Otros	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A2-Tb 3-2 a 3-5	1	Biodiésel, Diésel oil, Fuel oil, Gasolina, GLP, Petróleo, Querosene	SO_x	47,0	g SO_x/GJ
1.A.2.a. Hierro y acero 1.A.2.c. Productos químicos 1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta 1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco 1.A.2.f. Minerales no metálicos 1.A.2.g.i. Manufactura de maquinaria 1.A.2.g.ii. Manufactura de equipos de transporte 1.A.2.g.iv. Madera y productos de la madera 1.A.2.g.vi. Textiles y cueros 1.A.2.g.viii. Otros	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A2-Tb 3-2 a 3-5	1	Carbón mineral, Coque	SO_x	900,0	g SO_x/GJ

Nota: Cont: Contaminante. Clasif: Clasificación según combustible fósil o biomasa.

Fuente: Elaboración a partir de IPCC (2006); EEA (2019); UPME (2016).

3.2.7.3 Descripción de flexibilidad aplicada en la subcategoría

No se aplicó ninguna flexibilidad.

3.2.7.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la subcategoría

En la Tabla 3-29 se presentan los resultados de incertidumbre para la subcategoría 1.A.2. Industrias manufactureras y construcción durante el periodo 1990-2024. La incertidumbre promedio histórica fue de ±9,44 %. En 1990, la incertidumbre fue de ±11,19 %, mientras que en 2024 alcanzó ±9,06 %, lo que representa una reducción relativa del 18,99 %, equivalente a 2,12 puntos porcentuales.

Tabla 3-29. Resultados de incertidumbre (%) por propagación del error para 1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción.

Subcategoría	Cont	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
1.A.2. Industrias manufactureras y construcción.	Todos	11,2	9,1	9,8	10,3	7,6	9,2	9,0	8,9	8,9	9,1	9,1
1.A.2. Industrias manufactureras y construcción.	CH4	42,1	32,2	32,8	32,6	37,5	43,2	41,5	41,5	41,4	41,2	41,3
1.A.2. Industrias manufactureras y construcción.	CO2	11,3	9,2	9,9	10,5	7,8	9,4	9,2	9,1	9,1	9,3	9,3
1.A.2. Industrias manufactureras y construcción.	N2O	34,6	26,0	25,7	26,5	27,7	35,6	35,1	34,9	34,8	35,1	35,4
1.A.2.a. Hierro y acero	Todos	20,3	21,2	24,6	23,2	16,7	17,2	17,2	17,9	16,8	17,0	17,0
1.A.2.a. Hierro y acero	CH4	25,1	26,6	32,4	30,2	35,1	30,5	33,4	33,9	32,6	33,2	33,2
1.A.2.a. Hierro y acero	CO2	20,4	21,3	24,7	23,3	16,7	17,2	17,2	18,0	16,8	17,1	17,1
1.A.2.a. Hierro y acero	N2O	43,2	44,7	50,8	48,9	44,8	47,2	47,7	49,5	47,3	48,3	48,2
1.A.2.b. Metales no ferrosos	Todos	12,5	12,4	12,5	12,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
1.A.2.b. Metales no ferrosos	CH4	47,7	47,7	47,7	47,7	46,1	46,1	46,1	46,1	46,1	46,1	46,1
1.A.2.b. Metales no ferrosos	CO2	12,5	12,4	12,5	12,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
1.A.2.b. Metales no ferrosos	N2O	47,6	47,6	47,6	47,6	46,0	45,9	46,0	46,0	45,9	45,9	45,9
1.A.2.c. Productos químicos	Todos	24,0	21,4	22,2	22,8	16,6	16,7	16,2	17,3	16,1	16,3	16,5
1.A.2.c. Productos químicos	CH4	37,8	45,2	43,4	42,3	28,4	27,5	28,9	31,0	29,4	30,2	30,3
1.A.2.c. Productos químicos	CO2	24,1	21,6	22,3	22,9	16,7	16,8	16,3	17,3	16,1	16,3	16,6
1.A.2.c. Productos químicos	N2O	39,2	37,2	40,6	39,2	42,5	43,7	41,3	38,3	41,6	39,4	39,1
1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta	Todos	24,3	23,7	23,4	23,5	19,2	18,4	18,5	18,0	18,4	18,3	18,3
1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta	CH4	36,8	30,0	30,4	30,8	26,6	28,7	28,6	29,7	34,4	34,5	34,5
1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta	CO2	24,4	23,9	23,6	23,7	19,3	18,4	18,5	18,0	18,4	18,4	18,4
1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta	N2O	38,7	38,2	38,0	39,7	49,2	49,5	49,6	49,3	49,8	49,8	49,7
1.A.2.e. Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco	Todos	20,1	17,1	17,1	16,6	16,4	19,2	17,9	18,2	18,0	18,2	18,3
1.A.2.e. Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco	CH4	51,0	48,7	48,5	48,3	48,7	50,9	48,7	48,7	48,3	48,1	48,3
1.A.2.e. Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco	CO2	20,4	17,3	17,3	16,8	16,6	19,5	18,1	18,4	18,2	18,5	18,6
1.A.2.e. Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco	N2O	50,3	46,3	45,9	45,5	43,9	49,0	46,2	46,3	46,0	46,3	46,4
1.A.2.f. Minerales no metálicos	Todos	24,7	24,2	27,4	29,3	16,2	19,9	20,0	19,1	19,1	19,2	19,2
1.A.2.f. Minerales no metálicos	CH4	22,1	21,7	25,7	28,4	24,3	30,8	30,4	29,2	28,3	27,3	27,3
1.A.2.f. Minerales no metálicos	CO2	24,8	24,3	27,5	29,4	16,3	20,0	20,1	19,2	19,2	19,3	19,3
1.A.2.f. Minerales no metálicos	N2O	46,7	46,8	51,4	53,7	37,5	48,5	49,9	49,2	48,7	48,8	48,8
1.A.2.g. Otros	Todos	11,7	11,9	12,1	8,4	5,6	3,9	3,1	3,3	3,2	3,4	3,4
1.A.2.g. Otros	CH4	14,8	14,7	12,6	9,8	7,3	5,4	5,6	6,0	5,9	6,5	6,4
1.A.2.g. Otros	CO2	11,9	12,1	12,5	8,8	5,8	4,1	3,3	3,5	3,4	3,6	3,6
1.A.2.g. Otros	N2O	29,9	31,8	36,9	32,2	32,2	29,4	24,4	25,2	24,4	24,3	24,5

La incertidumbre presentó un comportamiento relativamente estable durante la mayor parte de la serie, con valores cercanos al 9 % y 10 %. El valor máximo se registró en 2007, con ±11,77 %, mientras que el mínimo se presentó en 2010, con ±7,65 %. A partir de 2011 se observa nuevamente un comportamiento estable, con valores entre aproximadamente ±7,9 % y ±9,2 %. Para el periodo más reciente, la incertidumbre pasó de ±8,88 % en 2021 a ±9,06 % en 2024.

Por tipo de GEI, el CO_2, el CH_4 y el N_2O presentaron incertidumbres promedio históricas de ±9,58 %, ±37,88 % y ±30,88 %, respectivamente. El CH_4 registró la mayor incertidumbre promedio, aunque disminuyó ligeramente de ±42,13 % en 1990 a ±41,30 % en 2024. Por su parte, la incertidumbre del N_2O aumentó de ±34,63 % a ±35,38 %, mientras que la del CO_2 disminuyó de ±11,30 % a ±9,26 %. La cercanía entre la incertidumbre del CO_2 y la incertidumbre agregada de 1.A.2 refleja la participación predominante de este gas en las emisiones de la subcategoría.

En 2024, la categoría con mayor incertidumbre fue 1.A.2.f. Minerales no metálicos, con ±19,19 %, seguida de 1.A.2.e. Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco, con ±18,32 %; 1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta, con ±18,28 %; 1.A.2.a. Hierro y acero, con ±17,01 %; y 1.A.2.c. Productos químicos, con ±16,53 %. Las incertidumbres más bajas correspondieron a 1.A.2.g. Otros y 1.A.2.b. Metales no ferrosos, con ±3,35 % y ±2,50 %, respectivamente.

Entre 1990 y 2024, todas las categorías que componen 1.A.2 presentaron reducciones en su incertidumbre agregada. Las disminuciones relativas más importantes se observaron en metales no ferrosos, con 79,98 %, y en la categoría otros, con 71,39 %. No obstante, las incertidumbres del CH_4 y el N_2O continúan siendo superiores a las del CO_2, principalmente por la mayor incertidumbre asociada a los factores de emisión empleados para estimar estos gases.

3.2.7.5 AC/CC de la subcategoría

Además de las actividades transversales de aseguramiento y control de calidad aplicadas al inventario nacional, para la subcategoría 1.A.2 Industrias manufactureras y de la construcción se implementaron los siguientes procedimientos de control de calidad:

- Se verificó la integridad y consistencia de las bases de datos B0, B2, F2 y SectorCal correspondientes a la subcategoría 1.A.2, garantizando que los datos de actividad, los factores de emisión y los demás parámetros utilizados en la estimación se ajustaran a la estructura estandarizada del inventario y estuvieran debidamente documentados.
- Se compararon las emisiones estimadas para la subcategoría con las reportadas en ciclos anteriores del inventario, revisando la coherencia de la serie temporal e identificando variaciones asociadas a actualizaciones metodológicas, incorporación de nueva información o cambios en los datos de actividad y factores de emisión.
- Se verificó la representatividad de los factores de emisión empleados para la subcategoría, comparándolos, cuando fue pertinente, con los valores por defecto de las Directrices del IPCC de 2006 y sustentando el uso de factores nacionales cuando estos estuvieron disponibles.
- Los resultados obtenidos para la subcategoría fueron revisados conjuntamente con los referentes técnicos sectoriales, en el marco de las mesas de trabajo desarrolladas con el Ministerio de Minas y Energía, el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo y demás actores relacionados con el sector industrial, con el fin de validar la consistencia técnica de las estimaciones.
- Los resultados fueron presentados en espacios de socialización y discusión técnica con las entidades participantes, permitiendo recopilar observaciones y fortalecer el proceso de mejora continua del inventario.

3.2.7.6 Nuevos cálculos de la subcategoría

Los recálculos realizados en la categoría 1.A.2. Industrias manufactureras y construcción no obedecen a cambios metodológicos en la estimación de emisiones, sino principalmente a la actualización y procesamiento de los datos de actividad utilizados en el inventario. Las diferencias observadas entre el BTR1 y el BTR2 responden, en primer lugar, a las actualizaciones efectuadas por la principal fuente de información el BECO - UPME, las cuales generaron ajustes en los consumos de algunos combustibles, particularmente en los años más recientes de la serie temporal. Adicionalmente, es importante mencionar el cambio metodológico en la construcción de las estadísticas energéticas del BECO a partir de 2006, lo que produjo discontinuidades en las series históricas de consumo para varios combustibles. Con el fin de garantizar la coherencia temporal del inventario, se aplicaron técnicas de empalme y reconstrucción de series para el periodo previo a 2006, utilizando variables sustitutas específicas por sector, principalmente el PIB sectorial, para estimar la evolución temporal de los consumos energéticos.

Asimismo, parte de las diferencias observadas se explica por mejoras en la cobertura de las categorías incluidas en el inventario. En particular, la subcategoría 1.A.2.g.vii. Vehículos todoterreno y otra maquinaria fue incorporada en el BTR2 para toda la serie temporal, mientras que en el BTR1 se encontraba estimada en la categoría 1.A.3. Este ajuste tuvo un efecto significativo sobre las emisiones reportadas en la categoría 1.A.2.g. Otros y, en consecuencia, sobre el total de la categoría 1.A.2. Industrias manufactureras y construcción.

Para una descripción detallada de las fuentes de información, los procedimientos de procesamiento de datos y las técnicas de empalme implementadas, se recomienda consultar la sección 3.2.7.2.1.

Tabla 3-30. Industrias manufactureras y de la construcción: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2) (kt CO_2 eq)

Subcategoría	Reporte	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021
1.A.2.a. Hierro y acero	BTR1	684,8	1.034,4	1.247,8	1.255,1	1.077,2	1.203,5	1.046,0	1.427,1
1.A.2.a. Hierro y acero	BTR2	894,8	1.224,9	1.423,2	1.456,3	1.282,0	1.190,9	1.086,0	1.188,0
1.A.2.a. Hierro y acero	Diferencia	210,0	190,5	175,3	201,3	204,8	-12,5	40,0	-239,1
1.A.2.a. Hierro y acero	Diferencia (%)	30,7 %	18,4 %	14,1 %	16,0 %	19,0 %	-1,0 %	3,8 %	-16,8 %
1.A.2.a. Hierro y acero	Efecto en total de subcategoría 1.A.2 (%)	2,3 %	1,7 %	1,5 %	1,5 %	1,3 %	-0,1 %	0,3 %	-1,8 %
1.A.2.a. Hierro y acero	Efecto en total neto de categoría 1.A.2 (%)	2,3 %	1,7 %	1,5 %	1,5 %	1,3 %	-0,1 %	0,3 %	-1,8 %
1.A.2.b. Metales no ferrosos	BTR1	127,3	169,8	157,3	363,1	373,6	323,4	318,6	399,8
1.A.2.b. Metales no ferrosos	BTR2	158,5	211,4	238,7	454,0	425,6	323,4	318,6	399,7
1.A.2.b. Metales no ferrosos	Diferencia	31,1	41,7	81,4	90,9	52,0	-0,0	-0,0	-0,0
1.A.2.b. Metales no ferrosos	Diferencia (%)	24,5 %	24,5 %	51,7 %	25,0 %	13,9 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
1.A.2.b. Metales no ferrosos	Efecto en total de subcategoría 1.A.2 (%)	0,3 %	0,4 %	0,7 %	0,7 %	0,3 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
1.A.2.b. Metales no ferrosos	Efecto en total neto de categoría 1.A.2 (%)	0,3 %	0,4 %	0,7 %	0,7 %	0,3 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
1.A.2.c. Productos químicos	BTR1	710,4	951,0	967,5	905,1	1.041,2	1.045,9	1.028,8	1.190,7
1.A.2.c. Productos químicos	BTR2	653,2	818,3	927,5	838,2	1.071,2	1.058,1	930,1	1.467,9
1.A.2.c. Productos químicos	Diferencia	-57,2	-132,8	-40,0	-66,9	30,0	12,2	-98,6	277,2
1.A.2.c. Productos químicos	Diferencia (%)	-8,1 %	-14,0 %	-4,1 %	-7,4 %	2,9 %	1,2 %	-9,6 %	23,3 %
1.A.2.c. Productos químicos	Efecto en total de subcategoría 1.A.2 (%)	-0,6 %	-1,2 %	-0,3 %	-0,5 %	0,2 %	0,1 %	-0,8 %	2,0 %
1.A.2.c. Productos químicos	Efecto en total neto de categoría 1.A.2 (%)	-0,6 %	-1,2 %	-0,3 %	-0,5 %	0,2 %	0,1 %	-0,8 %	2,0 %

Subcategoría	Reporte	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021
1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta	BTR1	1.751,6	1.805,3	1.775,4	2.085,7	1.745,9	1.724,7	1.778,6	1.957,8
1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta	BTR2	1.363,6	1.447,0	1.444,0	1.723,5	1.752,5	1.730,3	1.763,6	2.048,1
1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta	Diferencia	-388,0	-358,3	-331,3	-362,2	6,6	5,7	-15,0	90,3
1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta	Diferencia (%)	-22,2 %	-19,8 %	-18,7 %	-17,4 %	0,4 %	0,3 %	-0,8 %	4,6 %
1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta	Efecto en total de subcategoría 1.A.2 (%)	-4,3 %	-3,3 %	-2,8 %	-2,7 %	0,0 %	0,0 %	-0,1 %	0,7 %
1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta	Efecto en total neto de categoría 1.A.2 (%)	-4,3 %	-3,3 %	-2,8 %	-2,7 %	0,0 %	0,0 %	-0,1 %	0,7 %
1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco	BTR1	1.457,2	1.686,0	1.721,3	1.946,7	3.096,7	2.485,0	2.715,8	2.956,9
1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco	BTR2	1.442,8	1.659,8	1.678,4	2.174,8	3.096,7	2.409,6	3.092,0	3.195,5
1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco	Diferencia	-14,4	-26,2	-42,9	228,1	0,0	-75,4	376,2	238,6
1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco	Diferencia (%)	-1,0 %	-1,6 %	-2,5 %	11,7 %	0,0 %	-3,0 %	13,9 %	8,1 %
1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco	Efecto en total de subcategoría 1.A.2 (%)	-0,2 %	-0,2 %	-0,4 %	1,7 %	0,0 %	-0,6 %	3,1 %	1,8 %
1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco	Efecto en total neto de categoría 1.A.2 (%)	-0,2 %	-0,2 %	-0,4 %	1,7 %	0,0 %	-0,6 %	3,1 %	1,8 %
1.A.2.f. Minerales no metálicos	BTR1	3.408,2	3.867,4	4.312,9	5.379,0	5.990,2	4.678,2	4.072,0	4.342,8
1.A.2.f. Minerales no metálicos	BTR2	3.344,9	3.765,2	4.392,4	5.392,5	5.988,8	4.723,9	4.160,2	4.777,2
1.A.2.f. Minerales no metálicos	Diferencia	-63,3	-102,2	79,5	13,5	-1,4	45,7	88,2	434,5
1.A.2.f. Minerales no metálicos	Diferencia (%)	-1,9 %	-2,6 %	1,8 %	0,3 %	0,0 %	1,0 %	2,2 %	10,0 %
1.A.2.f. Minerales no metálicos	Efecto en total de subcategoría 1.A.2 (%)	-0,7 %	-0,9 %	0,7 %	0,1 %	0,0 %	0,3 %	0,7 %	3,2 %
1.A.2.f. Minerales no metálicos	Efecto en total neto de categoría 1.A.2 (%)	-0,7 %	-0,9 %	0,7 %	0,1 %	0,0 %	0,3 %	0,7 %	3,2 %

Subcategoría	Reporte	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021
1.A.2.g.i. Manufactura de maquinaria	BTR1	-	-	-	-	118,2	97,9	65,1	69,7
1.A.2.g.i. Manufactura de maquinaria	BTR2	111,1	111,1	111,1	111,1	115,5	107,1	87,0	107,6
1.A.2.g.i. Manufactura de maquinaria	Diferencia	111,1	111,1	111,1	111,1	-2,7	9,2	21,9	37,9
1.A.2.g.i. Manufactura de maquinaria	Diferencia (%)	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	-2,3 %	9,4 %	33,6 %	54,4 %
1.A.2.g.i. Manufactura de maquinaria	Efecto en total de subcategoría 1.A.2.g (%)	11,3 %	8,0 %	7,5 %	8,4 %	-0,1 %	0,5 %	2,0 %	3,0 %
1.A.2.g.i. Manufactura de maquinaria	Efecto en total neto de categoría 1.A.2.g (%)	11,3 %	8,0 %	7,5 %	8,4 %	-0,1 %	0,5 %	2,0 %	3,0 %
1.A.2.g.ii. Manufactura de equipos de transporte	BTR1	-	-	-	-	28,2	27,9	17,4	18,7
1.A.2.g.ii. Manufactura de equipos de transporte	BTR2	38,0	38,0	38,0	38,0	28,2	29,3	21,5	28,0
1.A.2.g.ii. Manufactura de equipos de transporte	Diferencia	38,0	38,0	38,0	38,0	0,0	1,4	4,0	9,3
1.A.2.g.ii. Manufactura de equipos de transporte	Diferencia (%)	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	0,0 %	4,8 %	18,7 %	33,3 %
1.A.2.g.ii. Manufactura de equipos de transporte	Efecto en total de subcategoría 1.A.2.g (%)	3,9 %	2,7 %	2,6 %	2,9 %	0,0 %	0,1 %	0,4 %	0,7 %
1.A.2.g.ii. Manufactura de equipos de transporte	Efecto en total neto de categoría 1.A.2.g (%)	3,9 %	2,7 %	2,6 %	2,9 %	0,0 %	0,1 %	0,4 %	0,7 %
1.A.2.g.iii. Minería (excluidos combustibles) y explotación de canteras	BTR1	-	-	-	-	100,8	112,4	90,4	100,8
1.A.2.g.iii. Minería (excluidos combustibles) y explotación de canteras	BTR2	100,8	100,8	100,8	100,8	100,8	112,4	90,7	101,1
1.A.2.g.iii. Minería (excluidos combustibles) y explotación de canteras	Diferencia	100,8	100,8	100,8	100,8	0,0	0,0	0,3	0,4
1.A.2.g.iii. Minería (excluidos combustibles) y explotación de canteras	Diferencia (%)	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	0,0 %	0,0 %	0,4 %	0,4 %
1.A.2.g.iii. Minería (excluidos combustibles) y explotación de canteras	Efecto en total de subcategoría 1.A.2.g (%)	10,2 %	7,3 %	6,8 %	7,7 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %

Subcategoría	Reporte	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021
1.A.2.g.iii. Minería (excluidos combustibles) y explotación de canteras	Efecto en total neto de categoría 1.A.2.g (%)	10,2 %	7,3 %	6,8 %	7,7 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
1.A.2.g.iv. Madera y productos de madera	BTR1	-	-	-	-	42,5	24,4	16,8	18,0
1.A.2.g.iv. Madera y productos de madera	BTR2	36,3	36,3	36,3	36,3	42,5	40,6	57,2	70,8
1.A.2.g.iv. Madera y productos de madera	Diferencia	36,3	36,3	36,3	36,3	0,0	16,2	40,4	52,8
1.A.2.g.iv. Madera y productos de madera	Diferencia (%)	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	0,1 %	66,2 %	240,0 %	293,7 %
1.A.2.g.iv. Madera y productos de madera	Efecto en total de subcategoría 1.A.2.g (%)	3,7 %	2,6 %	2,5 %	2,8 %	0,0 %	0,8 %	3,7 %	4,2 %
1.A.2.g.iv. Madera y productos de madera	Efecto en total neto de categoría 1.A.2.g (%)	3,7 %	2,6 %	2,5 %	2,8 %	0,0 %	0,8 %	3,7 %	4,2 %
1.A.2.g.v. Construcción	BTR1	-	-	-	-	382,4	664,6	213,9	271,0
1.A.2.g.v. Construcción	BTR2	205,3	256,8	214,2	260,0	400,4	438,9	576,9	583,3
1.A.2.g.v. Construcción	Diferencia	205,3	256,8	214,2	260,0	17,9	-225,7	363,0	312,4
1.A.2.g.v. Construcción	Diferencia (%)	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	4,7 %	-34,0 %	169,7 %	115,3 %
1.A.2.g.v. Construcción	Efecto en total de subcategoría 1.A.2.g (%)	20,8 %	18,5 %	14,5 %	19,8 %	0,9 %	-11,2 %	32,8 %	24,8 %
1.A.2.g.v. Construcción	Efecto en total neto de categoría 1.A.2.g (%)	20,8 %	18,5 %	14,5 %	19,8 %	0,9 %	-11,2 %	32,8 %	24,8 %
1.A.2.g.vi. Textil y cuero	BTR1	657,7	826,8	967,1	794,7	1.157,6	896,6	522,5	580,6
1.A.2.g.vi. Textil y cuero	BTR2	659,0	828,4	968,5	796,3	1.122,8	900,0	550,8	636,9
1.A.2.g.vi. Textil y cuero	Diferencia	1,3	1,6	1,3	1,6	-34,8	3,3	28,3	56,3
1.A.2.g.vi. Textil y cuero	Diferencia (%)	0,2 %	0,2 %	0,1 %	0,2 %	-3,1 %	0,4 %	5,1 %	8,8 %
1.A.2.g.vi. Textil y cuero	Efecto en total de subcategoría 1.A.2.g (%)	0,1 %	0,1 %	0,1 %	0,1 %	-1,7 %	0,2 %	2,6 %	4,5 %

Subcategoría	Reporte	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021
1.A.2.g.vi. Textil y cuero	Efecto en total neto de categoría 1.A.2.g (%)	0,1 %	0,1 %	0,1 %	0,1 %	-1,7 %	0,2 %	2,6 %	4,5 %
1.A.2.g.vii. Vehículos todoterreno y otra maquinaria	BTR1	-	-	-	-	-	-	-	-
1.A.2.g.vii. Vehículos todoterreno y otra maquinaria	BTR2	236,6	405,1	679,8	1.192,4	1.939,9	3.189,3	3.758,8	3.923,7
1.A.2.g.vii. Vehículos todoterreno y otra maquinaria	Diferencia	236,6	405,1	679,8	1.192,4	1.939,9	3.189,3	3.758,8	3.923,7
1.A.2.g.vii. Vehículos todoterreno y otra maquinaria	Diferencia (%)	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %
1.A.2.g.vii. Vehículos todoterreno y otra maquinaria	Efecto en total de subcategoría 1.A.2.g (%)	24,0 %	29,2 %	45,9 %	90,6 %	96,5 %	158,6 %	340,0 %	311,4 %
1.A.2.g.vii. Vehículos todoterreno y otra maquinaria	Efecto en total neto de categoría 1.A.2.g (%)	24,0 %	29,2 %	45,9 %	90,6 %	96,5 %	158,6 %	340,0 %	311,4 %
1.A.2.g.viii. Otros	BTR1	327,0	559,8	512,3	521,2	181,0	186,5	179,4	201,3
1.A.2.g.viii. Otros	BTR2	328,7	561,5	513,9	523,1	370,4	420,5	392,9	468,4
1.A.2.g.viii. Otros	Diferencia	1,7	1,7	1,7	1,9	189,4	234,1	213,5	267,1
1.A.2.g.viii. Otros	Diferencia (%)	0,5 %	0,3 %	0,3 %	0,4 %	104,6 %	125,5 %	119,0 %	132,7 %
1.A.2.g.viii. Otros	Efecto en total de subcategoría 1.A.2.g (%)	0,2 %	0,1 %	0,1 %	0,1 %	9,4 %	11,6 %	19,3 %	21,2 %
1.A.2.g.viii. Otros	Efecto en total neto de categoría 1.A.2.g (%)	0,2 %	0,1 %	0,1 %	0,1 %	9,4 %	11,6 %	19,3 %	21,2 %
1.A.2.g. Otros	BTR1	984,7	1.386,6	1.479,4	1.315,9	2.010,6	2.010,3	1.105,5	1.260,0
1.A.2.g. Otros	BTR2	1.715,8	2.338,0	2.662,5	3.057,9	4.120,3	5.238,1	5.535,7	5.919,9
1.A.2.g. Otros	Diferencia	731,1	951,3	1.183,2	1.742,1	2.109,7	3.227,8	4.430,2	4.660,0
1.A.2.g. Otros	Diferencia (%)	74,2 %	68,6 %	80,0 %	132,4 %	104,9 %	160,6 %	400,7 %	369,8 %
1.A.2.g. Otros	Efecto en total de subcategoría 1.A.2 (%)	8,0 %	8,7 %	10,1 %	13,1 %	13,8 %	24,0 %	36,7 %	34,4 %

Subcategoría	Reporte	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021
1.A.2.g. Otros	Efecto en total neto de categoría 1.A.2 (%)	8,0 %	8,7 %	10,1 %	13,1 %	13,8 %	24,0 %	36,7 %	34,4 %
1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	**BTR1**	**9.124,3**	**10.900,6**	**11.661,6**	**13.250,6**	**15.335,4**	**13.471,0**	**12.065,2**	**13.535,0**
1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	**BTR2**	**9.573,6**	**11.464,5**	**12.766,7**	**15.097,4**	**17.737,1**	**16.674,3**	**16.886,2**	**18.996,4**
1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	**Diferencia**	**449,3**	**564,0**	**1.105,2**	**1.846,7**	**2.401,7**	**3.203,3**	**4.821,0**	**5.461,4**
1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	**Diferencia (%)**	**4,9 %**	**5,2 %**	**9,5 %**	**13,9 %**	**15,7 %**	**23,8 %**	**40,0 %**	**40,3 %**
1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	**Efecto en total de categoría 1.A. (%)**	**1,0 %**	**1,0 %**	**2,0 %**	**3,1 %**	**3,4 %**	**3,8 %**	**6,2 %**	**6,5 %**
1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	**Efecto en total neto de categoría (%)**	**1,0 %**	**1,0 %**	**2,0 %**	**3,1 %**	**3,4 %**	**3,8 %**	**6,2 %**	**6,5 %**
1.A. Actividades de quema de combustibles	**BTR1**	**46.329,1**	**54.645,9**	**56.458,4**	**59.092,4**	**71.674,9**	**83.252,3**	**77.402,1**	**84.339,2**
1.A. Actividades de quema de combustibles	**BTR2**	**45.027,6**	**54.303,1**	**56.065,9**	**56.267,5**	**72.073,6**	**80.257,9**	**76.803,3**	**82.665,8**
1.A. Actividades de quema de combustibles	**Diferencia**	**-1.301,4**	**-342,8**	**-392,5**	**-2.824,9**	**398,8**	**-2.994,4**	**-598,8**	**-1.673,4**
1.A. Actividades de quema de combustibles	**Diferencia (%)**	**-2,8 %**	**-0,6 %**	**-0,7 %**	**-4,8 %**	**0,6 %**	**-3,6 %**	**-0,8 %**	**-2,0 %**
1.A. Actividades de quema de combustibles	**Efecto en total de sector (%)**	**-2,6 %**	**-0,6 %**	**-0,6 %**	**-4,4 %**	**0,5 %**	**-3,2 %**	**-0,7 %**	**-1,8 %**
1.A. Actividades de quema de combustibles	**Efecto en total neto de sector (%)**	**-2,6 %**	**-0,6 %**	**-0,6 %**	**-4,4 %**	**0,5 %**	**-3,2 %**	**-0,7 %**	**-1,8 %**
1. Energía	**BTR1**	**50.237,0**	**59.374,7**	**61.711,1**	**64.294,8**	**79.808,4**	**93.066,8**	**84.988,7**	**91.610,6**
1. Energía	**BTR2**	**51.104,3**	**61.832,3**	**64.714,9**	**64.338,8**	**83.872,1**	**93.474,7**	**86.999,9**	**92.956,9**
1. Energía	**Diferencia**	**867,3**	**2.457,6**	**3.003,8**	**44,0**	**4.063,7**	**407,9**	**2.011,2**	**1.346,4**
1. Energía	**Diferencia (%)**	**1,7 %**	**4,1 %**	**4,9 %**	**0,1 %**	**5,1 %**	**0,4 %**	**2,4 %**	**1,5 %**

Fuente: Elaboración propia

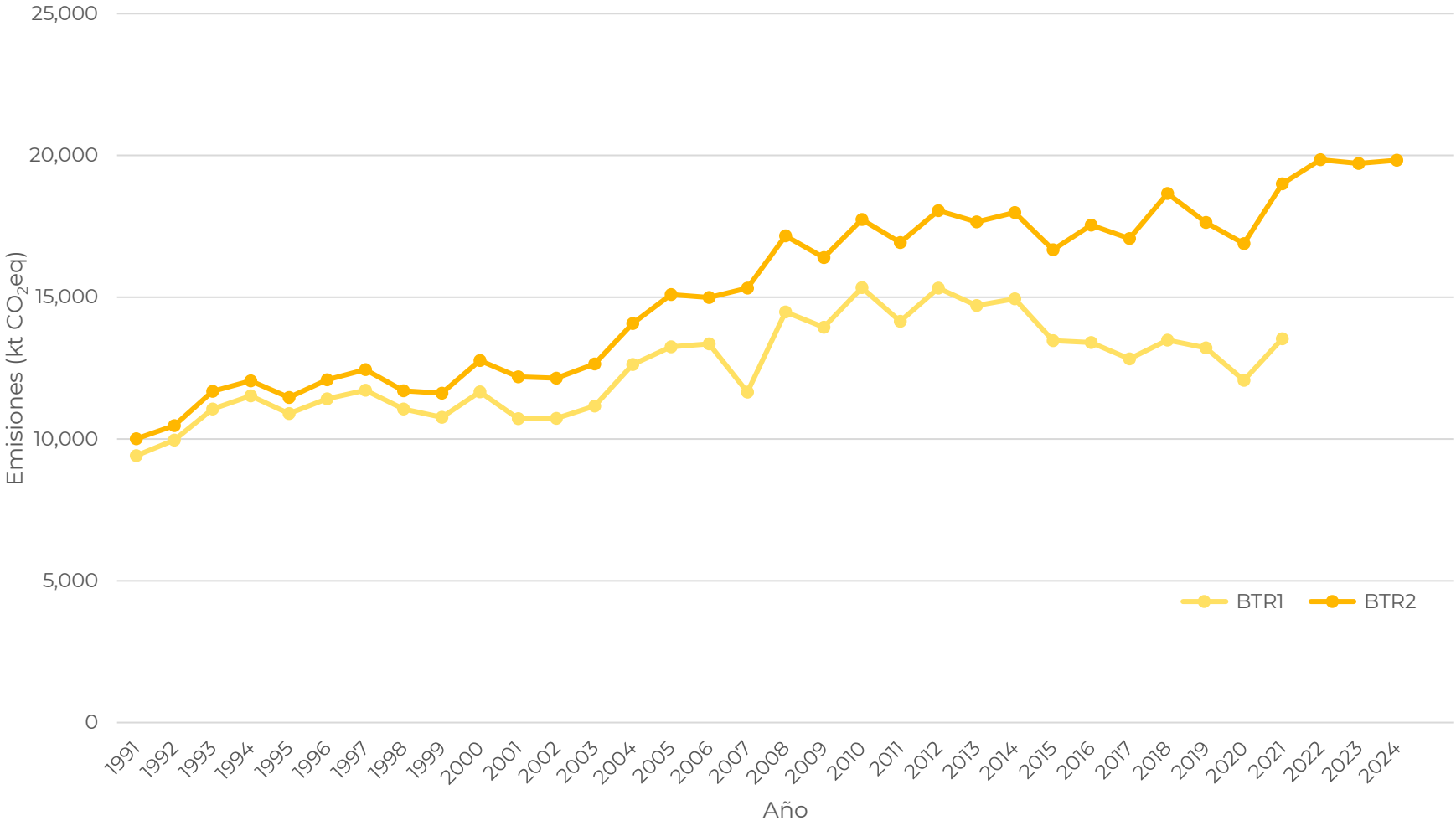


Figura 3-30. Industrias manufactureras y de la construcción: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2), 1990-2024

Fuente: Elaboración propia

3.2.7.7 Mejoras planeadas de la subcategoría

Las mejoras planeadas para la presente subcategoría se orientan a fortalecer la calidad, representatividad, consistencia temporal y trazabilidad de en la estimación de emisiones. Estas actividades priorizadas responden a las oportunidades de mejora identificadas a partir de los procesos de control de calidad (QA/QC), análisis de incertidumbre y revisión de la disponibilidad de información sectorial, así como a las recomendaciones formuladas procesos de examen por pares u otros procesos de revisión o análisis previos. Su implementación se desarrollará en articulación con las entidades competentes, con el fin de avanzar hacia el uso de información más precisa, reduciendo la dependencia de supuestos y variables proxy, y asegurando la coherencia con las Directrices del IPCC.

Las actividades específicas priorizadas para esta subcategoría se presentan en la Tabla 3-31, en la cual se detallan las oportunidades de mejora, los periodos de implementación, los actores responsables y la priorización correspondiente.

Tabla 3-31. Industrias manufactureras y construcción. Plan de mejora

Subcategoría	Actividad propuesta de mejora	Periodo	Actores	Priorización
1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	Evaluar, en articulación con las entidades sectoriales competentes, el posible uso de biocombustibles en las diferentes categorías y subcategorías del sector Energía, con el fin de verificar su relevancia, correcta asignación sectorial y la completitud de la cobertura del inventario. Este ejercicio permitirá identificar y documentar, cuando aplique, el uso de combustibles mezclados o sustitutos, evitando omisiones o dobles contabilizaciones en la estimación de emisiones, en coherencia con las Directrices del IPCC.	1990-2024	Ideam	BTR4 - 2030
	Promover el aprovechamiento de la información disponible en instrumentos sectoriales como SIMCO, SICOM y RUA-RETC, mediante la articulación con las entidades competentes, con el fin de fortalecer la disponibilidad, cobertura y calidad de los datos utilizados en la estimación de datos de actividad.	1990-2024	Minenergía, UPME, Ideam	BTR4 - 2030
1.A.2.a. Hierro y acero 1.A.2.b. Metales no férreos 1.A.2.c. Productos químicos 1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta 1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco 1.A.2.f. Minerales no metálicos	Mejorar el nivel de desagregación sectorial de los datos del BECO, avanzando de la clasificación por división CIIU hacia el nivel de clase (4 dígitos), con el fin de refinar la asignación de consumo energético y mejorar la precisión de las estimaciones de emisiones en subsectores específicos.	1990-2024	Minenergía, DANE, UPME	BTR4 - 2030
1.A.2.g.i. Manufactura de maquinaria 1.A.2.g.ii. Manufactura de equipos de transporte 1.A.2.g.iii. Minería (excluidos combustibles) y explotación de canteras 1.A.2.g.iv. Madera y productos de la madera	Mejorar la completitud y coherencia de las series temporales de datos de actividad mediante la implementación, documentación y replicabilidad de metodologías de empalme, basadas en variables proxy representativas y relaciones estructurales, que permitan cubrir vacíos de información y mantener la consistencia temporal de las estimaciones.	1990-2006	Ideam	BTR3 - 2028

Fuente: Elaboración propia

3.2.8 Transporte (CRT 1.A.3)

3.2.8.1 Descripción y tendencia de la subcategoría

La subcategoría 1.A.3. Transporte comprende las emisiones derivadas de la combustión de combustibles utilizados en los diferentes modos de transporte doméstico, incluyendo aviación nacional, transporte terrestre,

ferrocarriles, navegación doméstica y transporte por tuberías. De acuerdo con las Directrices del IPCC 2006 (Davies Waldron et al., 2006), las emisiones asociadas a combustibles consumidos en vuelos y navegación internacionales se reportan por separado como elementos informativos en la categoría 1.D y no se incluyen dentro de los totales nacionales. En el presente inventario, las emisiones asociadas a vehículos todoterreno y otra maquinaria móvil fueron reasignadas a las categorías sectoriales correspondientes, principalmente 1.A.2.g.vii y 1.A.4.c.ii, con el fin de mejorar la consistencia metodológica y la asignación sectorial de las emisiones.

En Colombia, el transporte constituye el principal consumidor final de energía del país. En 2024 registró un consumo de 579.465 TJ, equivalente a cerca del 39 % del consumo final nacional de energía, superando a los sectores industrial y residencial (Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), 2025). La demanda energética del sector continúa dependiendo mayoritariamente de combustibles líquidos derivados del petróleo, particularmente gasolina motor y diésel, que representan aproximadamente el 90 % del consumo energético del transporte, una composición similar a la observada a nivel mundial y regional (Peña Suárez et al., 2025). Esta elevada dependencia de combustibles fósiles convierte al transporte en una de las principales fuentes de emisiones atmosféricas del sector Energía y en uno de los sectores estratégicos para los procesos de transición energética y descarbonización del país.

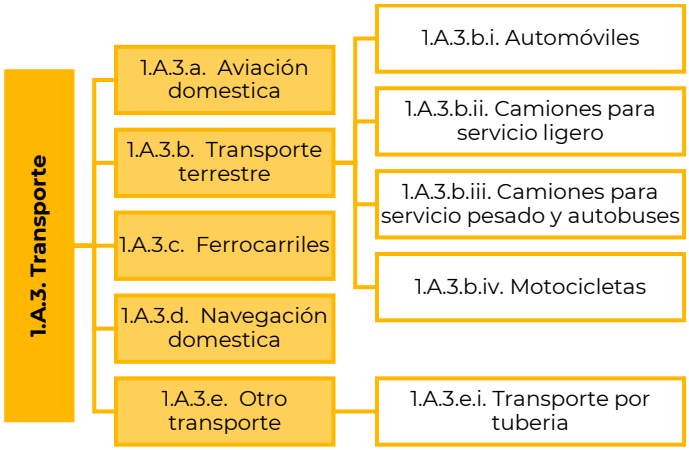


Figura 3-31. Transporte: Subcategorías estimadas en Transporte.

En 2024, la categoría 1.A.3 reportó emisiones de 36.019,5 kt CO_2eq, equivalentes al 37,6 % de las emisiones de la categoría 1.A. Actividades de quema de combustibles, consolidándose como la principal fuente de emisiones dentro de esta categoría. Entre 1990 y 2024 las emisiones aumentaron 83,9 %, al pasar de 19.578,1 kt CO_2eq a 36.019,5 kt CO_2eq. Esta tendencia refleja el crecimiento sostenido de la demanda de transporte de pasajeros y carga, la expansión del parque automotor y el aumento del consumo de combustibles líquidos durante gran parte de la serie temporal. No obstante, se observan fluctuaciones asociadas a factores económicos y coyunturales, incluyendo la reducción registrada a comienzos de la década de 2000, relacionada con procesos de renovación tecnológica del parque automotor y cambios en la composición de combustibles, así como la disminución observada en 2020 como consecuencia de las restricciones de movilidad derivadas de la pandemia de COVID-19.

No obstante, la serie reciente evidencia una moderación en la dinámica de crecimiento. Tras la recuperación observada en 2021 y 2022, cuando el consumo final de energía del sector transporte aumentó 23,0 % y 13,1 %, respectivamente, en 2023 se registró una disminución de 2,1 %, seguida por una nueva reducción de 2,2 % en 2024 (Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), 2025). Este comportamiento se refleja en las emisiones de la categoría, que alcanzaron un máximo histórico de 38.785,7 kt CO_2eq en 2022 y posteriormente descendieron a 37.734,8 kt CO_2eq en 2023 y 36.019,5 kt CO_2eq en 2024, como resultado de una menor demanda energética del sector y de la desaceleración económica observada durante este período.

Tabla 3-32. Transporte: Emisiones totales de GEI por fuente (kt CO_2eq)

Fuente	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
1.A.3.a. Aviación domestica	1.323,7	2.068,7	1.925,3	2.122,1	2.772,2	3.707,1	1.856,9	3.058,9	4.610,9	4.069,0	4.097,8
1.A.3.a.i. Aviación doméstica (LTO)	274,6	340,6	398,2	452,7	515,7	607,2	277,8	541,8	722,6	1.292,8	1.385,6
1.A.3.a.ii. Aviación doméstica (Crucero)	1.049,1	1.728,1	1.527,0	1.669,4	2.256,4	3.099,8	1.579,2	2.517,1	3.888,3	2.776,2	2.712,2
1.A.3.b. Transporte terrestre	17.481,9	21.173,8	18.698,7	18.463,3	20.831,6	23.754,5	22.568,3	29.186,1	32.789,4	32.266,9	30.549,0
1.A.3.b.i. Automóviles	10.041,3	11.976,7	9.567,3	7.398,4	7.182,4	7.502,8	7.059,5	9.380,2	10.397,1	9.983,2	9.156,2

1.A.3.b.ii. Camiones para servicio ligero	1.410,6	1.602,7	1.306,7	973,7	973,8	1.324,0	1.579,2	2.076,6	2.322,0	2.264,4	2.108,8
1.A.3.b.iii. Camiones para servicio pesado y autobuses	4.662,6	5.528,4	5.741,7	8.140,3	10.017,5	11.055,9	9.099,7	11.216,1	12.855,8	13.108,1	13.049,1
1.A.3.b.iv. Motocicletas	1.367,3	2.066,1	2.083,1	1.950,9	2.657,7	3.871,6	4.829,8	6.512,9	7.214,4	6.911,0	6.234,7
1.A.3.b.v. Otros	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
1.A.3.c. Ferrocarriles	76,1	53,3	66,0	93,4	127,2	90,9	67,7	60,4	58,4	59,1	61,5
1.A.3.d. Navegación doméstica	486,3	718,3	787,5	1.096,4	68,5	400,7	155,2	218,4	296,5	283,5	284,6
1.A.3.e. Otro transporte	210,1	227,6	383,1	407,7	538,3	988,7	1.136,7	1.022,1	1.030,6	1.056,3	1.026,7
1.A.3.e.i. Transporte por tubería	210,1	227,6	383,1	407,7	538,3	988,7	1.136,7	1.022,1	1.030,6	1.056,3	1.026,7
1.A.3. Transporte	**19.578,1**	**24.241,7**	**21.860,5**	**22.183,0**	**24.337,7**	**28.941,9**	**25.784,8**	**33.545,9**	**38.785,7**	**37.734,8**	**36.019,5**

Fuente: Elaboración propia

La estructura de emisiones de la categoría está fuertemente concentrada en el transporte terrestre (1.A.3.b), que en 2024 aportó 30.549,0 kt CO_2eq, equivalentes al 84,8 % de las emisiones totales de la categoría. Le siguió la aviación doméstica (1.A.3.a), con 4.097,8 kt CO_2eq (11,4 %), mientras que las contribuciones de navegación doméstica (1.A.3.d), transporte por tuberías y otras actividades de transporte (1.A.3.e) y ferrocarriles (1.A.3.c) fueron considerablemente menores, representando en conjunto menos del 4 % de las emisiones. Esta distribución refleja la alta dependencia del país del transporte carretero para la movilización de pasajeros y carga, así como el predominio de combustibles líquidos derivados del petróleo dentro de la matriz energética del sector transporte.

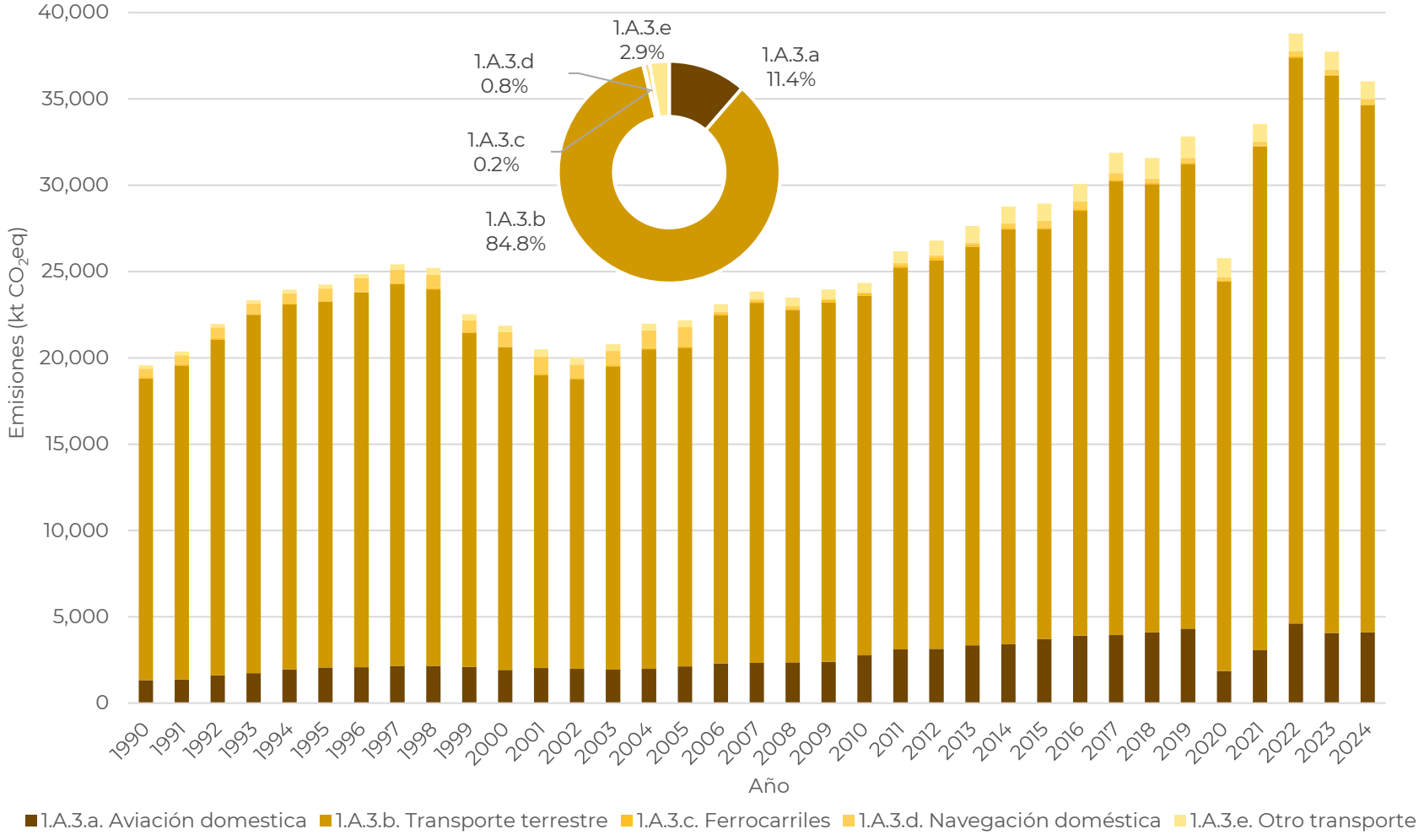


Figura 3-32. Transporte: Emisiones de GEI por subcategorías (kt CO_2eq), 1990-2024..

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la composición por GEI, las emisiones de la categoría estuvieron dominadas por el CO_2, que en 2024 representó el 97,7 % del total con 35.176,4 kt CO_2eq. El N_2O aportó 568,6 kt CO_2eq (1,6 %) y el CH_4 274,5 kt CO_2eq (0,8 %). La predominancia del CO_2 está asociada al elevado consumo de gasolina y diésel en los diferentes modos de transporte.

Tabla 3-33. Transporte: Emisiones totales por GEI y contaminante (kt CO_2eq o kt)

Fuente	*1990*	*1995*	*2000*	*2005*	*2010*	*2015*	*2020*	*2021*	*2022*	*2023*	*2024*
CH_4	199,7	234,9	192,7	178,6	205,0	231,9	206,0	268,7	297,8	287,2	274,5
CO_2	19.152,4	23.732,9	21.420,1	21.673,6	23.762,9	28.288,8	25.152,0	32.784,6	37.953,1	36.909,5	35.176,4
N_2O	226,0	273,8	247,7	330,9	369,8	421,2	426,7	492,6	534,8	538,1	568,6
1.A.3. Transporte	**19.578,1**	**24.241,7**	**21.860,5**	**22.183,0**	**24.337,7**	**28.941,9**	**25.784,8**	**33.545,9**	**38.785,7**	**37.734,8**	**36.019,5**
CN	1,1	1,8	2,4	3,4	4,6	4,7	4,5	4,5	4,5	4,5	4,6
CO	766,6	1.199,5	1.270,9	1.366,0	1.715,9	2.088,7	1.603,3	1.977,4	2.463,0	2.305,3	2.323,0
COVDM	71,4	118,2	156,5	200,6	292,4	329,8	350,4	357,5	368,2	368,6	371,8
NH_3	13,3	16,2	13,4	10,1	10,0	11,5	12,8	17,3	19,2	18,4	16,5
NO_X	64,9	105,1	133,4	172,5	189,4	210,3	201,5	203,9	208,6	208,9	210,0
PM_{10}	4,5	7,2	9,5	13,0	17,5	20,0	20,4	20,5	20,7	20,8	20,9
$PM_{2.5}$	3,8	6,2	8,1	11,1	14,7	16,2	16,1	16,2	16,4	16,4	16,5
SO_2	1,3	1,5	1,5	1,6	1,0	2,3	1,2	1,5	1,8	1,7	0,8
SO_X	1,7	2,2	1,9	1,7	0,9	1,5	1,0	1,3	1,7	1,5	1,6

Nota: Las emisiones de GEI son expresadas en kt CO_2eq y las emisiones de carbono negro y contaminantes criterio en kt.

Fuente: Elaboración propia

Las estimaciones de CN y contaminantes criterio para la categoría 1.A.3 se realizaron siguiendo los métodos y factores de emisión establecidos en la Guía EMEP/EEA, 2019:

- Aviación – 1.A.3.a. Aviation (Winther et al., 2019)
- Transporte terrestre - 1.A.3.b.i-iv Road transport (Ntziachristis et al., 2021) & 1.A.3.b.v Gasoline evaporation (Ntziachristis & Boulter, 2019) & 1.A.3.b.vi-vii Road tyre and brake wear
- Ferrocarril - 1.A.3.c Railways (Ntziachristis & Boulter, 2019)
- Navegación - 1.A.3.d Navigation (Fontelle et al., 2019)
- Transporte por tubería – Referida a 1.A.4 Small combustion (Kuenen, Trozzi, Nielsen, et al., 2019)

La evolución de las emisiones estuvo estrechamente relacionada con la dinámica del consumo de combustibles en las diferentes modalidades de transporte, particularmente el transporte terrestre, que concentra la mayor parte de la actividad y del consumo energético de la categoría. En 2024, las emisiones alcanzaron 4,6 kt de CN, 2.323,0 kt de CO, 371,8 kt de COVDM, 210,0 kt de NOx, 20,9 kt de PM10 y 16,5 kt de PM2.5. Por su parte, las emisiones de NH_3, SO_2 y SO_x fueron de 16,5 kt, 0,8 kt y 1,6 kt, respectivamente.

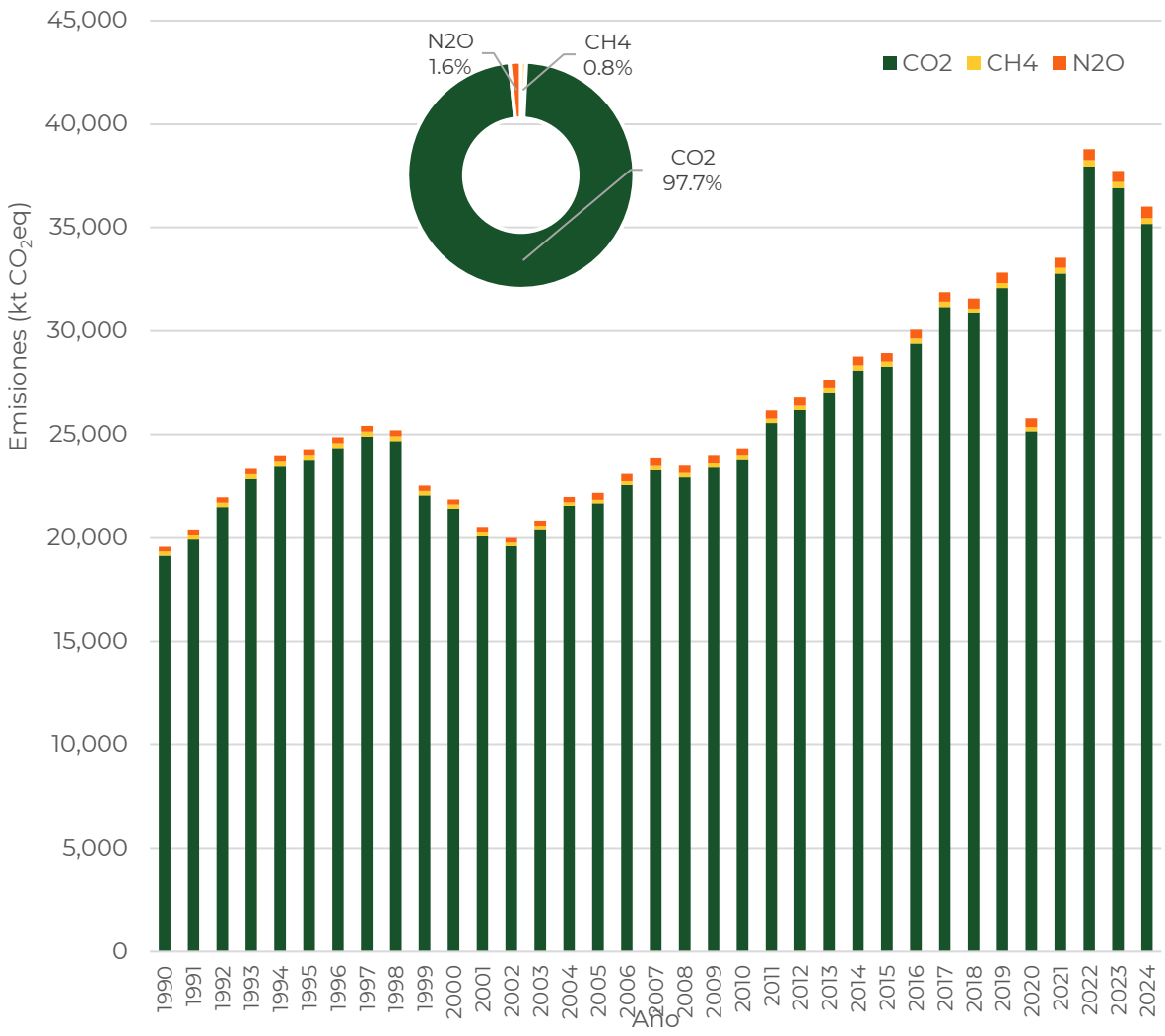


Figura 3-33. Transporte: Emisiones por GEI en Transporte (kt CO_2eq), 1990-2024..

Fuente: Elaboración propia

A lo largo de la serie temporal, la mayoría de los contaminantes presentaron una tendencia creciente, consistente con el aumento de la actividad del sector transporte. Entre 1990 y 2024, las emisiones de CO aumentaron de 766,6 kt a 2.323,0 kt (+203 %), las de COVDM de 71,4 kt a 371,8 kt (+421 %), las de NOx de 64,9 kt a 210,0 kt (+224 %), las de PM10 de 4,5 kt a 20,9 kt (+364 %), las de PM2.5 de 3,8 kt a 16,5 kt (+334 %) y las de CN de 1,1 kt a 4,6 kt (+318 %). De manera similar a lo observado para los GEI, en 2020 se registró una reducción significativa asociada a las restricciones de movilidad derivadas de la pandemia de COVID-19, seguida de una recuperación durante los años posteriores.

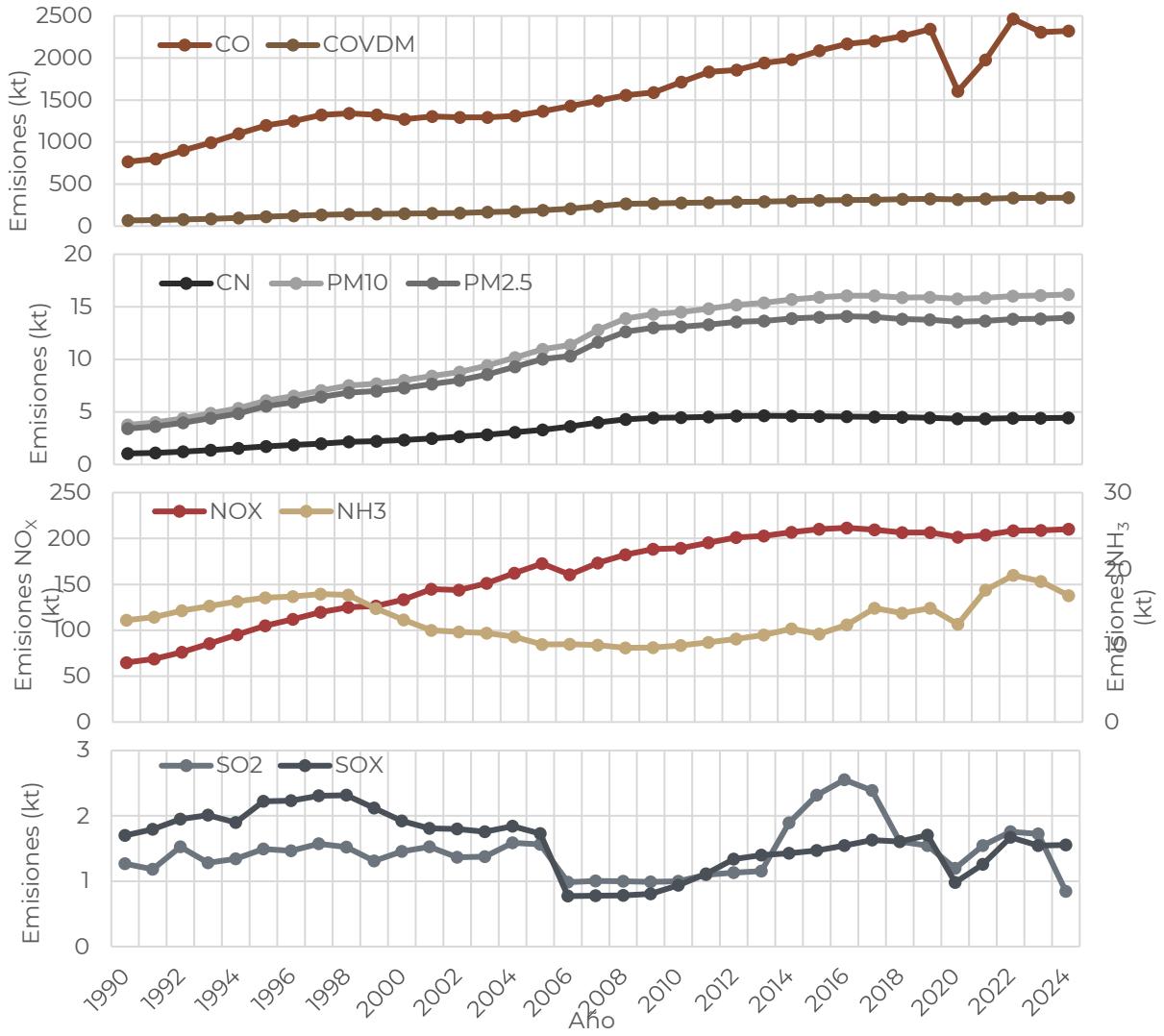


Figura 3-34. Transporte: Emisiones por contaminante (kt), 1990-2024.

Fuente: Elaboración propia

La tendencia de las emisiones de la categoría 1.A.3 Transporte está determinada principalmente por el transporte terrestre. No obstante, algunos contaminantes presentan tendencias diferenciadas debido a las metodologías de estimación y a los datos de actividad empleados para su cálculo. El detalle de los niveles metodológicos empleados para la estimación de cada contaminante y subcategoría se presenta en la Sección 3.2.8.2.

1.A.3.a. Aviación: De acuerdo con las Directrices del IPCC (2006), en esta categoría se contabilizan únicamente los combustibles consumidos por aeronaves que despegan y aterrizan dentro del territorio nacional, mientras que los vuelos internacionales se reportan de manera separada en la categoría 1.D. Combustibles internacionales. En 2024, la aviación doméstica generó 4.061,4 kt CO_2eq, equivalentes al 11,4 % de las emisiones de la categoría 1.A.3 Transporte, consolidándose como la segunda fuente de emisiones del transporte después del transporte terrestre. Entre 1990 y 2024, las emisiones aumentaron desde aproximadamente 1.359 kt CO_2eq hasta 4.061 kt CO_2eq, lo que representa un incremento cercano al 199 %. La tendencia de largo plazo refleja el crecimiento sostenido de la demanda de transporte aéreo en Colombia, impulsado por la expansión de las rutas nacionales, el aumento de la movilidad de pasajeros y el crecimiento de la actividad económica.(Kuenen, Trozzi, Nielsen, et al., 2019)

La evolución reciente de las emisiones estuvo estrechamente relacionada con el comportamiento del sector aéreo nacional. Durante 2020 se presentó una reducción significativa como consecuencia de las restricciones de movilidad asociadas a la pandemia de COVID-19, afectando tanto el transporte de pasajeros como de carga. A partir de 2021 se observó una rápida recuperación de la actividad aérea, reflejada en el incremento de las

emisiones y en la recuperación de los niveles de consumo de combustible. Según cifras de la Aeronáutica Civil, en 2023 se movilizaron 49,3 millones de pasajeros, de los cuales el 60,2 % correspondió a vuelos nacionales, mientras que en 2024 el tráfico aéreo total en los aeropuertos del país alcanzó 60,9 millones de pasajeros, equivalente a un crecimiento de 13,7 % respecto a 2023, consolidando la recuperación del sector y contribuyendo al aumento de las emisiones observadas en los últimos años.

En términos de composición por gases, las emisiones de la subcategoría estuvieron dominadas por el CO_2, que en 2024 representó más del 99 % de las emisiones totales expresadas en CO_2 equivalente, mientras que las contribuciones de CH_4 y N_2O fueron relativamente menores. Este comportamiento es consistente con la predominancia del combustible tipo Jet A-1 en la operación de la aviación comercial nacional.

Tabla 3-34. Transporte terrestre: Emisiones totales por GEI y subcategoría (kt CO_2eq)

Fuente	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
1.A.3.a. Aviación domestica	**1.323,7**	**2.068,7**	**1.925,3**	**2.122,1**	**2.772,2**	**3.707,1**	**1.856,9**	**3.058,9**	**4.610,9**	**4.069,0**	**4.097,8**
CO_2	1.319,8	2.062,6	1.919,7	2.116,1	2.764,4	3.696,7	1.851,7	3.050,3	4.598,0	4.057,6	4.086,3
CH_4	1,2	1,9	1,8	2,0	2,6	3,5	1,7	2,9	4,3	3,8	3,9
N_2O	2,8	4,1	3,8	4,0	5,2	6,8	3,5	5,7	8,5	7,5	7,6
1.A.3.b. Transporte terrestre	**17.481,9**	**21.173,8**	**18.698,7**	**18.463,3**	**20.831,6**	**23.754,5**	**22.568,3**	**29.186,1**	**32.789,4**	**32.266,9**	**30.549,0**
CO_2	17.072,3	20.684,1	18.279,1	17.981,2	20.278,0	23.126,1	21.950,6	28.442,9	31.979,9	31.463,3	29.727,8
CH_4	196,9	230,7	188,3	173,0	201,7	226,5	203,0	264,4	291,9	281,7	269,0
N_2O	212,7	259,0	231,4	309,2	351,9	401,9	414,7	478,7	517,6	521,9	552,1
1.A.3.c. Ferrocarriles	**76,1**	**53,3**	**66,0**	**93,4**	**127,2**	**90,9**	**67,7**	**60,4**	**58,4**	**59,1**	**61,5**
CO_2	69,4	48,4	59,8	84,6	115,2	82,4	61,3	54,8	52,9	53,5	55,8
CH_4	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
N_2O	6,6	4,9	6,0	8,6	11,7	8,4	6,2	5,6	5,4	5,4	5,7
1.A.3.d. Navegación doméstica	**486,3**	**718,3**	**787,5**	**1.096,4**	**68,5**	**400,7**	**155,2**	**218,4**	**296,5**	**283,5**	**284,6**
CO_2	481,1	710,6	779,0	1.084,5	67,7	396,6	153,5	216,1	293,3	280,4	281,5
CH_4	1,4	2,1	2,3	3,2	0,2	1,1	0,5	0,6	0,9	0,8	0,8
N_2O	3,8	5,6	6,2	8,7	0,5	3,0	1,2	1,7	2,4	2,3	2,3
1.A.3.e. Otro transporte	**210,1**	**227,6**	**383,1**	**407,7**	**538,3**	**988,7**	**1.136,7**	**1.022,1**	**1.030,6**	**1.056,3**	**1.026,7**
CO_2	209,8	227,3	382,5	407,1	537,6	986,9	1.134,9	1.020,5	1.029,0	1.054,7	1.025,1
CH_4	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,7	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7
N_2O	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	1,1	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9
1.A.3. Transporte	**19.578,1**	**24.241,7**	**21.860,5**	**22.183,0**	**24.337,7**	**28.941,9**	**25.784,8**	**33.545,9**	**38.785,7**	**37.734,8**	**36.019,5**

Fuente: Elaboración propia

1.A.3.b. Transporte terrestre: De acuerdo con las Directrices del IPCC (2006), esta categoría incluye automóviles, camiones para servicio ligero, camiones para servicio pesado y autobuses, motocicletas y otras emisiones asociadas al transporte por carretera.

En 2024, el transporte terrestre generó 30.549,0 kt CO_2eq, equivalentes al 85,8 % de las emisiones de la categoría 1.A.3 Transporte, consolidándose como la principal fuente de emisiones del subsector. Del total reportado, el 97,3 % correspondió a CO_2 (29.727,8 kt CO_2 eq), mientras que CH_4 aportó 269,0 kt CO_2eq (0,9 %) y N_2O 552,1 kt CO_2eq (1,8 %). La marcada predominancia del CO_2 refleja la elevada dependencia del transporte por carretera de combustibles derivados del petróleo, particularmente gasolina motor y diésel.

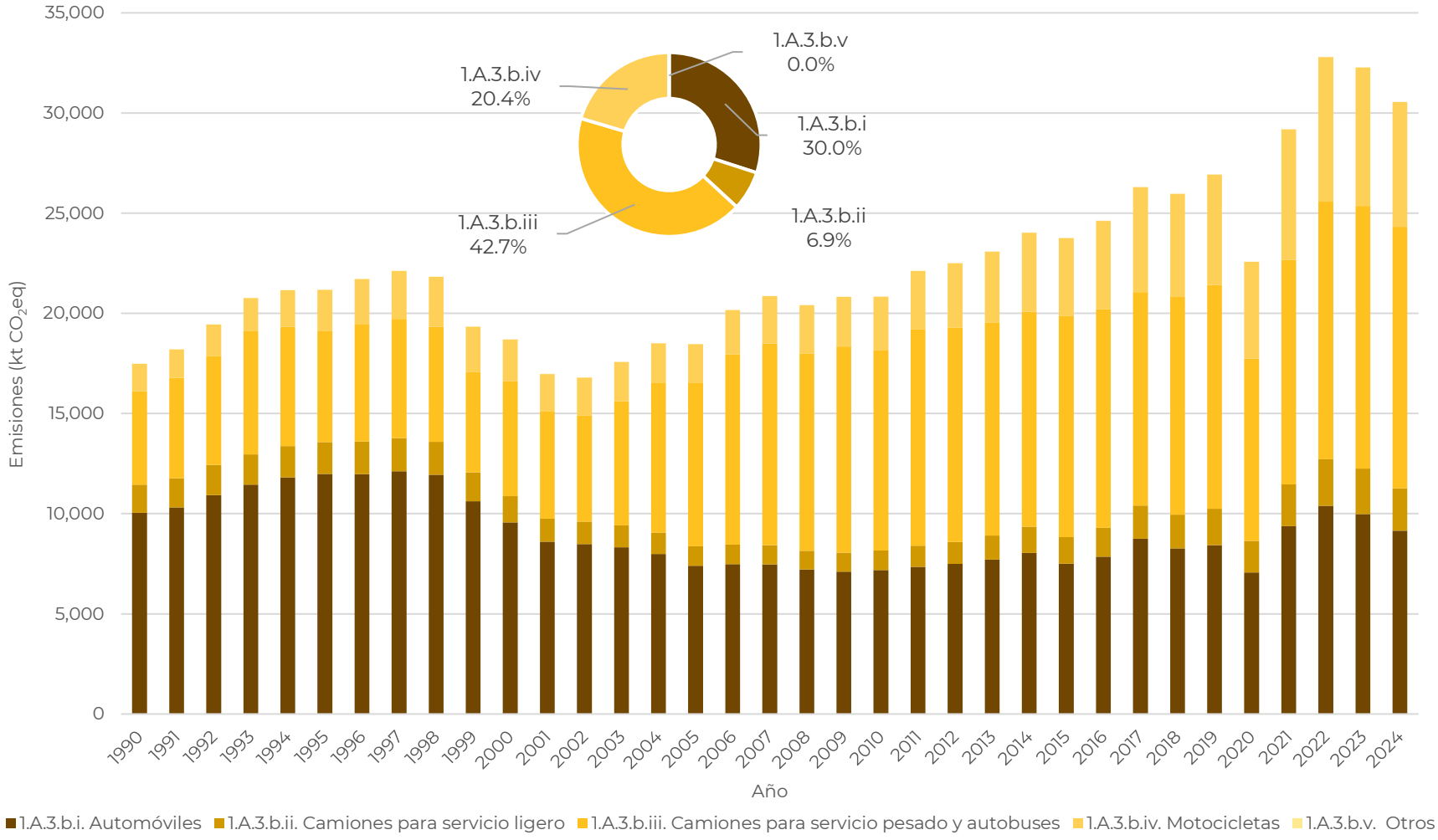


Figura 3-35. Transporte terrestre: Emisiones de GEI por subcategorías (kt CO_2eq), 1990-2024..

Fuente: Elaboración propia

Entre 1990 y 2024, las emisiones aumentaron de 17.481,9 kt CO_2eq a 30.549,0 kt CO_2eq, lo que representa un crecimiento acumulado de aproximadamente 74,7 %. La serie temporal muestra una tendencia creciente asociada a la expansión del parque automotor, el incremento de la movilidad de pasajeros y mercancías y el crecimiento de la actividad económica. Después de la reducción observada en 2020 como consecuencia de las restricciones de movilidad asociadas a la pandemia, las emisiones se recuperaron rápidamente, alcanzando un máximo histórico de 32.789,4 kt CO_2eq en 2022. Posteriormente se registraron disminuciones moderadas de 1,6 % en 2023 y 5,3 % en 2024, aunque los niveles de emisión permanecieron significativamente por encima de los registrados antes de la pandemia.

El comportamiento observado es consistente con la evolución reciente del parque automotor colombiano. De acuerdo con información del RUNT y del Ministerio de Transporte (Ministerio de Transporte, 2021), luego de la contracción registrada en 2020, los registros de vehículos experimentaron una recuperación importante, alcanzando 1,08 millones de unidades en 2022, el valor más alto del período analizado. Asimismo, el parque vehicular continúa dominado por vehículos particulares, que representan alrededor del 95 % de los registros, situación que contribuye a mantener una elevada demanda de combustibles fósiles para el transporte terrestre.

Tabla 3-35. Transporte terrestre: Emisiones de GEI por subcategoría (kt CO_2eq)

Fuente	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
1.A.3.b.i. Automóviles	10.041,3	11.976,7	9.567,3	7.398,4	7.182,4	7.502,8	7.059,5	9.380,2	10.397,1	9.983,2	9.156,2
1.A.3.b.ii. Camiones para servicio ligero	1.410,6	1.602,7	1.306,7	973,7	973,8	1.324,0	1.579,2	2.076,6	2.322,0	2.264,4	2.108,8
1.A.3.b.iii. Camiones para servicio pesado y autobuses	4.662,6	5.528,4	5.741,7	8.140,3	10.017,5	11.055,9	9.099,7	11.216,1	12.855,8	13.108,1	13.049,1
1.A.3.b.iv. Motocicletas	1.367,3	2.066,1	2.083,1	1.950,9	2.657,7	3.871,6	4.829,8	6.512,9	7.214,4	6.911,0	6.234,7
1.A.3.b.v. Otros	1,2,E^{-02}	1,4,E^{-02}	1,3,E^{-02}	4,3,E^{-02}	9,9,E^{-02}	1,9,E^{-01}	1,0,E^{-01}	1,3,E^{-01}	1,4,E^{-01}	1,5,E^{-01}	1,4,E^{-01}

Fuente: Elaboración propia

La estructura de emisiones del transporte terrestre en 2024 estuvo dominada por los camiones para servicio pesado y autobuses, que generaron 13.049,1 kt CO_2eq, equivalentes al 42,7 % del total de la categoría. Esta participación refleja la importancia del transporte de carga por carretera en la economía nacional y la alta dependencia de vehículos diésel para la movilización de mercancías. Los automóviles constituyeron la segunda fuente de emisiones, con 9.156,2 kt CO_2eq (30,0 %), seguidos por las motocicletas, con 6.234,7 kt CO_2eq (20,4 %), y los camiones para servicio ligero, con 2.108,8 kt CO_2eq (6,9 %). Las emisiones clasificadas como otros fueron marginales, representando menos del 0,01 % del total.

La evolución histórica evidencia cambios importantes en la composición de las emisiones. Mientras que en 1990 los automóviles aportaban cerca del 57 % de las emisiones del transporte terrestre, su participación se redujo progresivamente hasta representar el 30 % en 2024. En contraste, los camiones para servicio pesado y autobuses incrementaron su participación desde aproximadamente 27 % hasta 43 %, convirtiéndose en la principal fuente emisora del subsector. Asimismo, las motocicletas registraron el crecimiento relativo más acelerado, pasando de 1.367,3 kt CO_2eq en 1990 a 6.234,7 kt CO_2eq en 2024, multiplicando sus emisiones por más de cuatro veces y alcanzando una participación superior al 20 %.

Tabla 3-36. Transporte terrestre: Emisiones por contaminante (kt)

Fuente	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
1.A.3.b.i. Automóviles											
CN	2,6,E^{-02}	4,8,E^{-02}	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
CO	209,5	341,1	400,3	363,8	369,4	362,2	363,6	363,7	366,4	369,1	371,7
COVDM	15,7	25,6	30,5	28,6	30,4	30,2	30,7	30,7	30,9	31,1	31,4
NH_3	10,8	12,8	10,2	7,4	6,6	6,7	6,8	9,2	10,2	9,8	8,8
NOX	14,3	23,3	27,8	26,4	28,3	28,6	29,2	29,2	29,5	29,7	29,9
PM_{10}	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
$PM_{2.5}$	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3

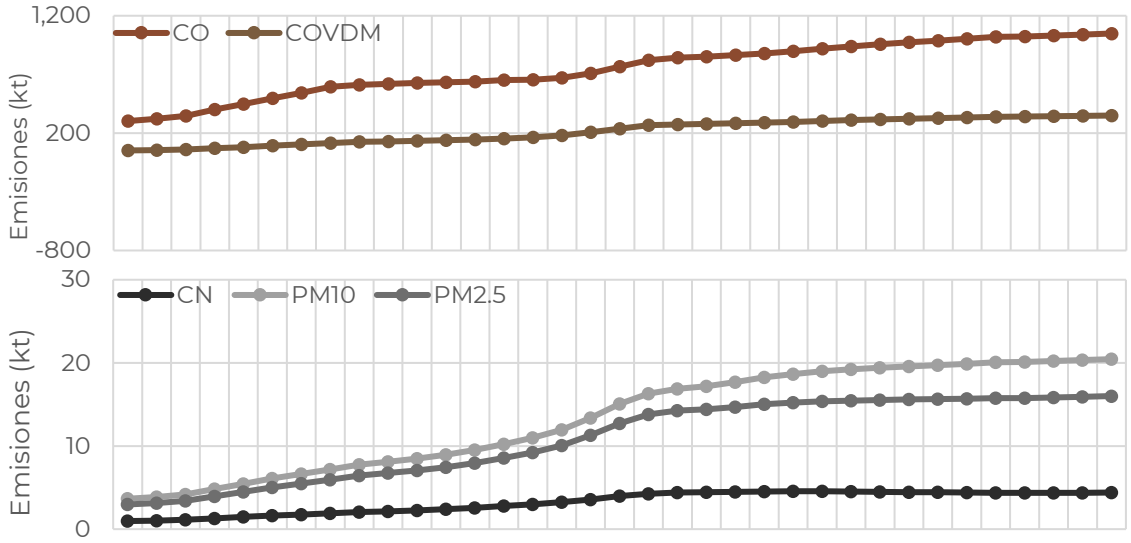
Fuente	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
SO_2	0,5	0,6	0,5	0,4	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,1
1.A.3.b.ii. Camiones para servicio ligero											
CN	1,5,E^{-02}	2,9,E^{-02}	4,0,E^{-02}	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
CO	20,1	31,0	38,4	40,3	44,4	51,5	54,5	54,6	55,1	55,6	56,1
COVDM	2,7	4,2	5,1	5,2	5,5	6,0	6,1	6,1	6,2	6,2	6,3
NH_3	0,9	1,0	0,8	0,6	0,5	0,6	0,8	1,0	1,1	1,1	1,0
NOX	2,5	4,0	4,9	5,2	6,3	7,7	8,5	8,6	8,6	8,7	8,8
PM_{10}	3,0,E^{-02}	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
$PM_{2.5}$	3,0,E^{-02}	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
SO_2	0,1	0,1	0,1	4,9,E^{-02}	4,7,E^{-02}	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	3,2,E^{-02}
1.A.3.b.iii. Camiones para servicio pesado y autobuses											
CN	0,8	1,4	1,8	2,6	3,4	3,3	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1
CO	38,2	53,0	62,2	72,7	83,1	78,7	74,0	73,9	74,1	74,3	74,5
COVDM	6,7	9,9	12,3	15,7	19,1	17,8	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3
NH_3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2
NOX	37,1	61,4	80,8	111,1	145,4	151,0	145,5	145,4	146,1	146,8	147,5
PM_{10}	1,7	2,8	3,7	5,3	6,8	6,4	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9
$PM_{2.5}$	1,7	2,8	3,7	5,3	6,8	6,4	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9
SO_2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,4	0,5	0,5	0,6	0,5
1.A.3.b.iv. Motocicletas											
CN	0,1	0,1	0,2	0,4	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
CO	34,9	73,1	125,5	195,5	355,2	446,8	527,8	530,8	536,0	541,3	546,5
COVDM	19,4	40,7	69,8	108,8	189,5	205,9	220,1	220,6	222,8	224,9	227,0
NH_3	1,5	2,2	2,2	2,0	2,7	4,1	5,1	6,9	7,7	7,3	6,6
NOX	0,1	0,3	0,5	0,7	2,2	5,9	9,2	9,4	9,5	9,6	9,7
PM_{10}	0,4	0,9	1,5	2,3	4,0	4,2	4,3	4,3	4,3	4,4	4,4
$PM_{2.5}$	0,4	0,9	1,5	2,3	4,0	4,2	4,3	4,3	4,3	4,4	4,4
SO_2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	2,5,E^{-02}
1.A.3.b.v. Otros											
CN	2,0,E^{-02}	3,2,E^{-02}	4,2,E^{-02}	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
CO	1,6,E^{-04}	1,9,E^{-04}	2,0,E^{-04}	4,4,E^{-04}	6,4,E^{-04}	1,4,E^{-03}	1,2,E^{-03}	1,2,E^{-03}	1,2,E^{-03}	1,2,E^{-03}	1,2,E^{-03}
COVDM	4,0	6,1	8,4	10,6	16,5	25,4	33,2	33,5	33,8	34,1	34,3
NH_3	6,5,E^{-06}	4,9,E^{-06}	3,1,E^{-06}	9,3,E^{-06}	1,0,E^{-05}	2,5,E^{-05}	1,8,E^{-05}	2,4,E^{-05}	2,7,E^{-05}	2,6,E^{-05}	2,4,E^{-05}
NOX	3,7,E^{-05}	7,7,E^{-05}	9,1,E^{-05}	2,1,E^{-04}	5,7,E^{-04}	1,2,E^{-03}	7,5,E^{-04}	7,5,E^{-04}	7,7,E^{-04}	7,8,E^{-04}	8,0,E^{-04}
PM_{10}	0,7	1,2	1,5	2,0	3,0	4,0	4,7	4,7	4,7	4,7	4,8
$PM_{2.5}$	0,4	0,6	0,8	1,1	1,6	2,2	2,5	2,5	2,5	2,5	2,6
SO_2	5,8,E^{-07}	6,2,E^{-07}	5,7,E^{-07}	1,9,E^{-06}	4,3,E^{-06}	8,2,E^{-06}	4,6,E^{-06}	5,7,E^{-06}	6,5,E^{-06}	6,5,E^{-06}	4,9,E^{-06}
1.A.3.b.v.1. Emisiones por evaporación procedentes de vehículos											
COVDM	4,0	6,1	8,4	10,6	16,5	25,4	33,2	33,5	33,8	34,1	34,3
1.A.3.b.v.2. Desgaste de neumáticos y frenos											
CN	2,0,E^{-02}	3,2,E^{-02}	4,2,E^{-02}	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
PM_{10}	0,4	0,6	0,8	1,0	1,5	2,0	2,3	2,3	2,4	2,4	2,4
$PM_{2.5}$	0,2	0,3	0,4	0,5	0,8	1,1	1,2	1,3	1,3	1,3	1,3

Fuente	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
1.A.3.b.v.3. Desgaste de vías											
PM_{10}	0,4	0,6	0,8	1,0	1,5	2,0	2,3	2,3	2,4	2,4	2,4
$PM_{2.5}$	0,2	0,3	0,4	0,5	0,8	1,1	1,2	1,3	1,3	1,3	1,3

Fuente: Elaboración propia

En el transporte terrestre, además de las categorías asociadas a la combustión en automóviles, camiones para servicio ligero, camiones para servicio pesado y autobuses, y motocicletas, el inventario incorpora tres categorías adicionales que no se consideran en la estimación de GEI: las emisiones por evaporación procedentes de vehículos (1.A.3.b.v.1), el desgaste de neumáticos y frenos (1.A.3.b.v.2) y el desgaste de vías (1.A.3.b.v.3). Estas fuentes complementan la caracterización de los contaminantes criterio y precursores, al incorporar emisiones no asociadas directamente al proceso de combustión. Como se observa en la Figura 3-36, entre 1990 y 2024, las emisiones de CO aumentaron de 302,7 kt a 1.048,8 kt, mientras que los COVDM pasaron de 48,5 kt a 315,2 kt. De igual forma, las emisiones de NO_x crecieron de 54,0 kt a 195,9 kt, las de PM_{10} de 2,9 kt a 15,7 kt, las de $PM_{2.5}$ de 2,7 kt a 14,8 kt y las de CN de 0,9 kt a 4,2 kt. En contraste, las emisiones de SO_2 mostraron una evolución diferente, manteniéndose relativamente estables durante gran parte de la serie y disminuyendo de 1,5 kt en 2023 a 0,6 kt en 2024. Este comportamiento responde a que las emisiones de SO_2 están determinadas principalmente por las características y el contenido de azufre de los combustibles consumidos, mientras que el resto de los contaminantes depende además de la composición del parque automotor y la tecnología vehicular.

La distribución de las emisiones por tipo de vehículo evidencia patrones diferenciados según el contaminante. En 2024, las motocicletas constituyeron la principal fuente de CO (546,5 kt; 52,1 % del total) y COVDM (227,0 kt; 72,0 %), reflejando el crecimiento sostenido de este segmento dentro del parque automotor nacional. Por su parte, los camiones para servicio pesado y autobuses concentraron la mayor parte de las emisiones de NO_x (147,5 kt; 75,3 %), CN (3,1 kt; 74,4 %) y material particulado (37,7 % de PM_{10} y 39,9 % de $PM_{2.5}$), asociado al predominio de motores diésel y a las mayores demandas energéticas del transporte de carga y pasajeros. Las emisiones por evaporación de combustibles aportaron 34,3 kt de COVDM en 2024, equivalentes al 10,9 % del total de este contaminante, mientras que las emisiones por desgaste de neumáticos, frenos y vías representaron conjuntamente 4,8 kt de PM_{10} y 2,6 kt de $PM_{2.5}$, es decir, alrededor del 31 % y 18 % de las emisiones totales de estos contaminantes, respectivamente. Estos resultados evidencian que, además de la combustión, las fuentes no asociadas al escape vehicular constituyen una contribución relevante dentro del perfil de emisiones del transporte terrestre.



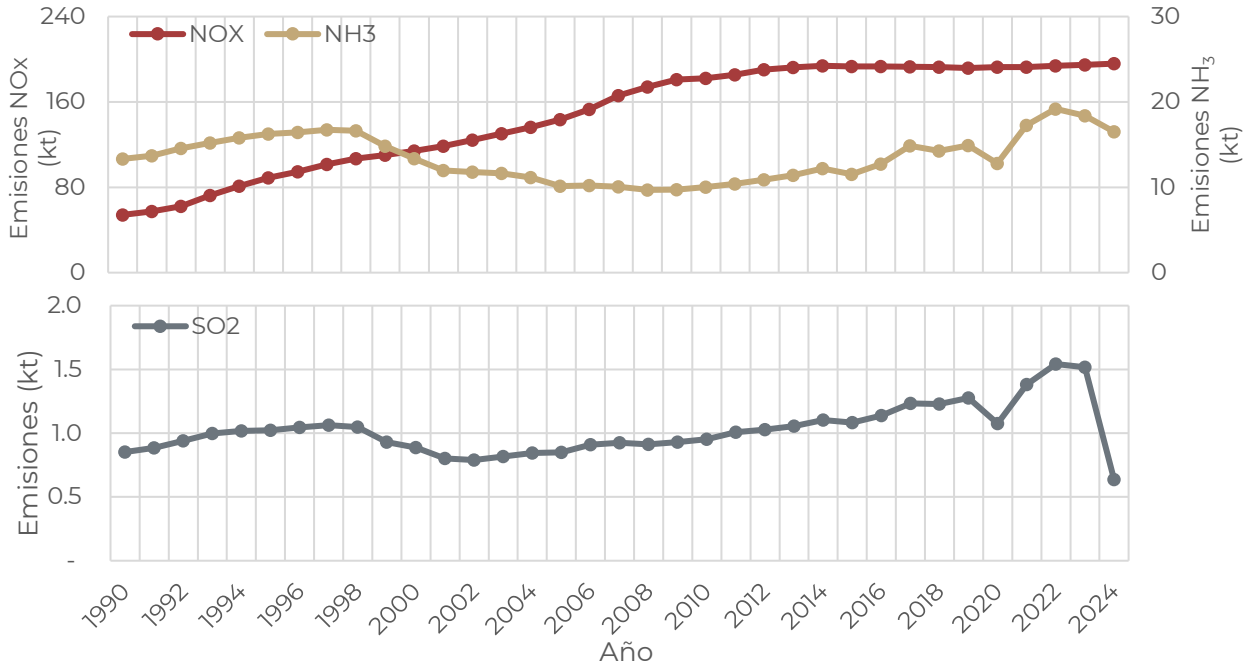


Figura 3-36. Transporte terrestre: Emisiones por contaminante (kt), 1990-2024

Fuente: Elaboración propia.

Las diferencias observadas en las tendencias de los contaminantes del transporte terrestre responden a las metodologías de estimación y a los datos de actividad utilizados para cada uno de ellos. Las emisiones de SO_2 y NH_3 se estiman a partir del consumo de combustibles y, en consecuencia, presentan una tendencia similar a la observada para las emisiones de GEI. En contraste, las emisiones de CN, CO, COVDM, NOx, PM_{10} y $PM_{2.5}$ se estiman utilizando el parque automotor y factores de actividad específicos por categoría vehicular, por lo que reflejan principalmente la evolución de la flota y presentan una tendencia más estable a lo largo de la serie temporal. El detalle de los niveles metodológicos empleados para la estimación de cada contaminante y subcategoría se presenta en la Sección 3.2.8.2.

1.A.3.c. Ferrocarriles: De acuerdo con las Directrices del IPCC 2006, esta categoría incluye las emisiones asociadas a locomotoras impulsadas por combustibles fósiles empleadas para el transporte de carga y pasajeros. En 2024, la subcategoría registró emisiones de 61,5 kt CO_2 eq, equivalentes al 0,17 % de las emisiones de la categoría 1.A.3 Transporte. A lo largo de la serie temporal, las emisiones mostraron un comportamiento variable, pasando de 76,1 kt CO_2 eq en 1990 a un máximo de 127,2 kt CO_2 eq en 2010, para posteriormente disminuir y estabilizarse alrededor de 60 kt CO_2 eq durante los últimos años. La reducción observada después de 2010 se relaciona con cambios en la actividad ferroviaria y en los volúmenes de carga movilizados por este modo de transporte.

Las emisiones de esta subcategoría reflejan principalmente la evolución del transporte férreo de carga en el país. De acuerdo con información de la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI), en 2024 se movilizaron 32,4 millones de toneladas de carga, lo que representó un incremento de 4,2 % respecto a 2023 y constituyó el tercer año consecutivo de crecimiento después de la fuerte contracción registrada en 2020 (Ministerio de Transporte, 2025). Sin embargo, los volúmenes movilizados continúan por debajo de los niveles observados antes de la pandemia, cuando superaban los 50 millones de toneladas anuales (Ministerio de Transporte, 2025).

Por su parte, el transporte férreo de pasajeros mostró una recuperación sostenida durante los últimos años. En 2024 se movilizaron 585.842 pasajeros, cifra 21,1 % superior a la registrada en 2023 y la más alta desde 2019 (Ministerio de Transporte, 2025). Aunque la recuperación del transporte de pasajeros no tiene una incidencia significativa sobre las emisiones totales de la categoría, sí evidencia una reactivación gradual de la actividad ferroviaria nacional luego de las afectaciones derivadas de la pandemia. Al igual que en las demás subcategorías de transporte, las emisiones estuvieron dominadas por CO_2, mientras que las contribuciones de CH_4 y N_2O fueron marginales dentro del total de GEI reportados para esta fuente.

1.A.3.d. Navegación doméstica: De acuerdo con las Directrices del IPCC 2006, esta categoría incluye las embarcaciones empleadas para el transporte de pasajeros y carga dentro del territorio nacional, mientras que las emisiones asociadas a la navegación internacional son reportadas de manera separada como bunker internacional.

En 2024, la navegación doméstica generó 284,6 kt CO_2eq, equivalentes al 0,79 % de las emisiones totales de la categoría 1.A.3 Transporte. A lo largo de la serie temporal, las emisiones presentaron una elevada variabilidad, pasando de 486,3 kt CO_2eq en 1990 a 1.096,4 kt CO_2eq en 2005, para posteriormente registrar una reducción importante y estabilizarse en niveles inferiores a 300 kt CO_2eq durante los últimos años. Entre 2020 y 2024 las emisiones aumentaron de 155,2 kt CO_2eq a 284,6 kt CO_2eq, reflejando la recuperación gradual de la actividad del sector después de las restricciones asociadas a la pandemia.

La evolución reciente de las emisiones es consistente con la dinámica observada en el transporte fluvial nacional. En 2024 se movilizaron aproximadamente 3,5 millones de pasajeros, lo que representó un incremento de 14,4 % respecto a 2023 y consolidó la tendencia de recuperación iniciada después de la caída registrada en 2020, cuando la demanda descendió a cerca de 1,6 millones de pasajeros, el nivel más bajo de la última década (Ministerio de Transporte, 2025). Asimismo, el transporte de pasajeros por el río Magdalena alcanzó 1,6 millones de pasajeros en 2024, evidenciando la importancia de este corredor para la conectividad de las regiones ribereñas.

Las emisiones de esta subcategoría estuvieron dominadas por CO_2, que en 2024 representó 281,5 kt CO_2eq, equivalentes al 98,9 % del total. Por su parte, CH_4 y N_2O aportaron 0,8 kt CO_2eq y 2,3 kt CO_2eq, respectivamente, manteniendo una contribución marginal dentro de las emisiones totales de GEI de la navegación doméstica.

1.A.3.e. Otro transporte: Comprende las emisiones derivadas del transporte por tuberías, asociadas principalmente al consumo de combustibles utilizados para la operación de estaciones de bombeo y compresión requeridas para el transporte de hidrocarburos y gas natural. A diferencia de versiones anteriores del inventario, las emisiones asociadas a vehículos todoterreno y otra maquinaria fueron reclasificadas en las categorías correspondientes a industria y agricultura.

En 2024, esta subcategoría registró emisiones de 1.026,7 kt CO_2eq, equivalentes al 2,9 % de las emisiones de la categoría 1.A.3 Transporte. A lo largo de la serie temporal, las emisiones mostraron una tendencia general creciente, pasando de 210,1 kt CO_2 eq en 1990 a valores superiores a 1.000 kt CO_2 eq desde 2020. El crecimiento más pronunciado se observó entre 2010 y 2015, cuando las emisiones aumentaron de 538,3 kt CO_2 eq a 988,7 kt CO_2 eq, asociado al incremento de la actividad de transporte de hidrocarburos mediante infraestructura de tuberías. Durante los últimos años las emisiones se han mantenido relativamente estables, oscilando entre 1.022,1 kt CO_2eq y 1.056,3 kt CO_2eq en el periodo 2021-2024.

Al igual que en las demás subcategorías del transporte, las emisiones estuvieron dominadas por CO_2, que en 2024 representó 1.025,1 kt CO_2eq (99,8 %) del total reportado. Por su parte, las contribuciones de CH_4 y N_2O fueron marginales, con 0,7 kt CO_2eq y 0,9 kt CO_2eq, respectivamente.

3.2.8.2 Aspectos metodológicos de la subcategoría

La estimación de emisiones de la categoría 1.A.3 Transporte se realizó siguiendo las metodologías establecidas en las Directrices del IPCC 2006 y su Refinamiento de 2019 para la estimación de gases de efecto invernadero, así como las Guías EMEP/EEA 2019 para la estimación de contaminantes criterio y carbono negro. Las ecuaciones específicas utilizadas para cada subcategoría y contaminante se presentan en la Tabla 3-37. Las estimaciones se realizaron a partir de datos de actividad expresados en unidades energéticas (TJ) y factores de emisión específicos para cada combustible, tecnología o tipo de vehículo, según la disponibilidad de información.

Para las emisiones de CO_2 se emplearon principalmente metodologías Tier 2, utilizando factores de emisión nacionales desarrollados en el marco del estudio FECOC (Amell Arrieta et al., 2016) para los combustibles que cuentan con caracterización nacional. Para CH_4 y N_2O se aplicaron, en términos generales, factores de emisión por defecto del IPCC 2006, bajo enfoques Tier 1. En el caso de la aviación doméstica, se aplicó el enfoque diferenciado recomendado por el IPCC para las fases de ciclo LTO (Landing and Take-Off) y crucero, mientras que para ferrocarriles, navegación doméstica y transporte por tuberías las emisiones se estimaron a partir del consumo de combustible reportado para cada actividad. El detalle de los niveles metodológicos aplicados por subcategoría se presenta en la Tabla 3-37.

En el caso del transporte terrestre, la estimación considera explícitamente la participación de biocombustibles mezclados con combustibles fósiles, de acuerdo con los porcentajes de mezcla establecidos para gasolina y diésel oil en Colombia durante cada periodo de la serie temporal. En concordancia con las Directrices del IPCC 2006, las emisiones de CO_2 provenientes de la fracción biogénica de los combustibles no se contabilizan dentro del total nacional de emisiones del sector Energía y se reportan como elemento informativo. No obstante, las emisiones de CH_4 y N_2O derivadas de la combustión de biocombustibles sí se incluyen en las estimaciones de la categoría, dado que estos gases se generan durante el proceso de combustión independientemente del origen fósil o biogénico del combustible.

Para los contaminantes criterio y el carbono negro se utilizaron factores de emisión Tier 1 provenientes de las Guías EMEP/EEA 2019. Para la subcategoría 1.A.3.b. Transporte terrestre se aplicaron metodologías de mayor nivel para algunos contaminantes y categorías. Asimismo, para esta subcategoría se estimaron fuentes adicionales no asociadas directamente a la combustión, incluyendo las emisiones por evaporación de

combustibles, desgaste de neumáticos y frenos y desgaste de vías, siguiendo las orientaciones metodológicas de las guías EMEP/EEA.

Tabla 3-37. Transporte: Aspectos metodológicos

Subcategoría	Contaminante	Nivel (Tier)	No. Ecuación	Ecuación	Fuente
1.A.3.a. Aviación civil	CO_2	2	V. 2, Ch. 3, Ec. 3.6.2 – 3.6.5	$\text{Emisiones}_{GEI} = \text{Emisiones LTO}_{GEI} + \text{Emisiones de crucero}_{GEI}$ $\text{Emisiones LTO}_{GEI} = \text{Cantidad del LTO} * \text{LTO del factor de emisión}_{GEI}$ $\text{Emisiones de crucero}_{GEI} = \text{Combustible crucero} * \text{Factor de emisión crucero}_{GEI}$ $\text{Combustible del LTO} = \text{Cantidad del LTO} * \text{Consumo de combustible por LTO}$ $\text{Combustible crucero} = \text{Total de combustible} - \text{Combustible del LTO}$ $\text{Emisiones LTO}_{GEI}$ = Emisiones de un gas de efecto invernadero dado producto de la combustión del JET Fuel de los ciclos LTO (kg GEI). $\text{Emisiones de crucero}_{GEI}$ = Emisiones de un gas de efecto invernadero dado producto de la combustión del JET Fuel del modo crucero (kg GEI). Cantidad del LTO = Numero de ciclos LTO, está en función del tipo de aeronave. $\text{LTO del factor de emisión}_{GEI}$ = Factor de emisión de un gas de efecto invernadero dado de JET Fuel por tipo de aeronave y ciclo LTO (kg gas/LTO). $\text{Total de combustible}$ = Cantidad total de combustible JET Fuel quemado (Kg - TJ). $\text{Combustible del LTO}$ = Cantidad total de combustible JET Fuel quemado en los ciclos LTO (Kg – TJ) $\text{Factor de emisión crucero}_{GEI}$ = Factor de emisión de un gas de efecto invernadero dado de JET Fuel (Kg gas/TJ JET Fuel) $\text{Consumo de combustible por LTO}$ = Factor que refleja el consumo de JET Fuel por tipo de aeronave en cada ciclo LTO (Kg JET Fuel/LTO) (IPCC 2006, Volumen 2. Capítulo 3. Cuadro 3.6.9.). $\text{Combustible crucero}$ = Cantidad total de combustible JET Fuel quemado en modo crucero (Kg - TJ)	IPCC, 2006
	CH_4, N_2O	CH_4 -1 N_2O - 1	V. 2, Ch. 3, Ec. 3.6.1	$\text{Emisiones} = \text{Cnsumo de combustible} \times \text{Factor de emisón}$	IPCC, 2006
	CN, CO, COVDM, NOx, PM_{10}, $PM_{2.5}$, SO_x	1	V. 1 Ch. 1.A.3.a, Ec. 1	$E_{contaminante} = AR_{consumo\ de\ combustible} \times EF_{contaminante}$ Donde: $E_{contaminante}$= emisión anual del contaminante para cada una de las fases LTO (Landing and Take-Off – ciclo de aterrizaje y despegue) y CCD (Climb, Cruise and Descent – ascenso, crucero y descenso) de los vuelos nacionales e internacionales. $AR_{consumo\ de\ combustible}$= tasa de actividad basada en el consumo de combustible para cada fase de vuelo y tipo de vuelo. $EF_{contaminante}$= factor de emisión del contaminante correspondiente a la fase de vuelo y al tipo de vuelo evaluados.	EMEP/EEA, 2019
1.A.3.b.i. Automóviles 1.A.3.b.ii. Camiones para servicio ligero 1.A.3.b.iii. Camiones para servicio	CO_2, CH_4, N_2O	CO_2 - 2 CH_4 -1 N_2O - 1	V. 2, Ch. 3, Ec. 3.2.4	$\text{Emisiones}_{GEI} = \text{Consumo de combustible}_{combustible} * \text{Factor de emisión}_{GEI\ combustible}$ Donde: Emisiones_{GEI} = Emisiones de un gas de efecto invernadero dado por tipo de combustible (kg GEI). $\text{Consumo de combustible}_{combustible}$= Cantidad de combustible quemado (TJ) $\text{Factor de emisión}_{GEI\ combustible}$ = Factor de emisión de un gas de efecto invernadero dado por tipo de combustible (kg gas/TJ) Para el caso del CO_2, se asume que todo el carbono es oxidado en CO_2.	IPCC, 2006

Subcategoría	Contaminante	Nivel (Tier)	No. Ecuación	Ecuación	Fuente
pesado y autobuses 1.A.3.b.iv.. Motocicletas 1.A.3.b.v. Otros	CN, CO, COVDM, NO_x, PM_{10}, $PM_{2.5}$,	2	V. 1 Ch. 1.A.3.b.i-iv, Ec. 4	$E_{i,j} = \sum_k (M_{j,k} \times EF_{i,j,k})$ Donde: $E_{i,j}$= emisiones totales anuales del contaminante i para la categoría de vehículo j. $\langle M \rangle_{j,k}$= distancia total anual recorrida por todos los vehículos de la categoría j y tecnología k [veh · km]. $EF_{i,j,k}$= factor de emisión específico del contaminante i para la categoría de vehículo j y la tecnología k [g/veh · km].	EMEP/EEA, 2019
	NH_3, SO_2	1	V. 1 Ch. 1.A.3.b.i-iv, Ec. 1	$E_i = \sum_j \left(\sum_m (FC_{j,m} \times EF_{i,j,m}) \right)$ Donde: E_i= emisión del contaminante i [g]. $FC_{j,m}$= consumo de combustible de la categoría de vehículo j que utiliza el combustible m [kg]. $EF_{i,j,m}$= factor de emisión específico por consumo de combustible del contaminante i para la categoría de vehículo j y el combustible m [g/kg].	EMEP/EEA, 2019
1.A.3.b.v.1. Emisiones por evaporación procedentes de vehículos	COVDM	1	V. 1 Ch. 1.A.3.b.v, Ec. 1	$E_{VOC} = \sum_j N_j \times EF_{VOC,j} \times 365$ Donde: E_{VOC}= emisiones de compuestos orgánicos volátiles (VOC) [g/año]. N_j= número de vehículos de la categoría j. $EF_{VOC,j}$= factor de emisión de VOC para la categoría de vehículo j [g/vehículo/día]. j= categoría de vehículo (automóviles de pasajeros, vehículos ligeros y vehículos de dos ruedas, es decir, ciclomotores y motocicletas).	EMEP/EEA, 2019
1.A.3.b.v.2. Desgaste de neumáticos y frenos	CN, PM_{10}, $PM_{2.5}$	1	V. 1 Ch. 1.A.3.b.vi-vii, Ec. 1	$TE = \sum_j N_j \times M_j \times EF_{i,j}$ Donde: TE= emisiones totales de CN, PM_{10} o $PM_{2.5}$ para el período de tiempo y el límite espacial definidos [g]. N_j= número de vehículos de la categoría j dentro del límite espacial definido. M_j= kilometraje promedio recorrido por cada vehículo de la categoría j durante el período de tiempo definido [km]. $EF_{i,j}$= factor de emisión en masa para el contaminante i y la categoría de vehículo j [g/km].	EMEP/EEA, 2019
1.A.3.b.v.3. Desgaste de vías	PM_{10}, $PM_{2.5}$	1	V. 1 Ch. 1.A.3.b.vi-vii, Ec. 1	$TE = \sum_j N_j \times M_j \times EF_{i,j}$ Donde: TE= emisiones totales de PM_{10} o $PM_{2.5}$ para el período de tiempo y el límite espacial definidos [g]. N_j= número de vehículos de la categoría j dentro del límite espacial definido. M_j= kilometraje promedio recorrido por cada vehículo de la categoría j durante el período de tiempo definido [km]. $EF_{i,j}$= factor de emisión en masa para el contaminante i y la categoría de vehículo j [g/km].	EMEP/EEA, 2019
1.A.3.c. Ferrocarriles	CO_2, CH_4, N_2O	CO_2 - 2 CH_4 -1 N_2O - 1	V. 2, Ch. 3, Ec. 3.4.2	$\text{Emisiones}_{GEI} = \text{Consumo de combustible}_{combustible} * \text{Factor de emisión}_{GEI\ combustible}$ Dónde: Emisiones_{GEI} = Emisiones de un gas de efecto invernadero dado por tipo de combustible (kg GEI). $\text{Consumo de combustible}_{combustible}$= Cantidad de combustible quemado (TJ). $\text{Factor de emisión}_{GEI\ combustible}$ = Factor de emisión de un gas de efecto invernadero dado por tipo de combustible (kg	IPCC, 2006

Subcategoría	Contaminante	Nivel (Tier)	No. Ecuación	Ecuación	Fuente
				gas/TJ) Para el caso del CO_2, se asume que todo el carbono es oxidado en CO_2.	
	CN, CO COVDM, NH_3, NOX, PM_{10}, $PM_{2.5}$, SO_2	1	V. 1 Ch. 1.A.3.c, Ec. 1	$E_i = \sum_m C_m \times EF_{i,m}$ Donde: E_i= emisiones del contaminante i para el período considerado en el inventario [kg o g]. FC_m= consumo del combustible de tipo m para el período y el área considerados [toneladas]. $EF_{i,m}$= factor de emisión del contaminante i por cada unidad de combustible de tipo m utilizada [kg/tonelada]. m= tipo de combustible (diésel, gasóleo, entre otros).	EMEP/EEA, 2019
1.A.3.d. Navegación marítima y fluvial	CO_2, CH_4, N_2O	CO_2 - 2 CH_4 -1 N_2O - 1	V. 2, Ch. 3, Ec. 3.5.1	$Emisiones_{GEI} = Consumo\ de\ combustible_{combustible} * Factor\ de\ emisión_{GEI\ combustible}$ Dónde: $Emisiones_{GEI}$ = Emisiones de un gas de efecto invernadero dado por tipo de combustible (kg GEI). $Consumo\ de\ combustible_{combustible}$= Cantidad de combustible quemado (TJ). $Factor\ de\ emisión_{GEI\ combustible}$ = Factor de emisión de un gas de efecto invernadero dado por tipo de combustible (kg gas/TJ) Para el caso del CO_2, se asume que todo el carbono es oxidado en CO_2.	IPCC, 2006
	CN, CO, COVDM, NOX, PM10, PM2.5, SO2, SOX	1	V. 1 Ch. 1.A.3.d, Ec. 1	$E_i = \sum_m (FC_m \times EF_{i,m})$ Donde: E_i= emisión del contaminante i en kilogramos [kg]. FC_m= masa del combustible de tipo m vendido en el país para actividades de navegación [toneladas]. $EF_{i,m}$= factor de emisión específico por consumo de combustible del contaminante i para el combustible de tipo m [kg/tonelada]. m= tipo de combustible.	EMEP/EEA, 2019
1.A.3.e. Otro transporte	CO_2, CH_4, N_2O	CO_2 - 2 CH_4 -1 N_2O - 1	V. 2, Ch. 3, Ec. 3.2.2	$Emisiones_{GEI} = Consumo\ de\ combustible_{combustible} * Factor\ de\ emisión_{GEI\ combustible}$ Dónde: $Emisiones_{GEI}$ = Emisiones de un gas de efecto invernadero dado por tipo de combustible (kg GEI). $Consumo\ de\ combustible_{combustible}$= Cantidad de combustible quemado (TJ) $Factor\ de\ emisión_{GEI\ combustible}$ = Factor de emisión de un gas de efecto invernadero dado por tipo de combustible (kg gas/TJ) Para el caso del CO_2, se asume que todo el carbono es oxidado en CO_2.	IPCC, 2006
	CN, CO, COVDM, NO_X, PM_{10}, $PM_{2.5}$, SO_X	1	V. 1 Ch. 1.A.4, Ec. 1	$E_{contaminnte} = AR_{consumo\ de\ combustible} \times EF_{contaminante}$ Donde: $E_{contaminante}$= emisión del contaminante especificado. $AR_{consumo\ de\ combustible}$= tasa de actividad asociada al consumo de combustible. $EF_{contaminante}$= factor de emisión del contaminante.	EMEP/EEA, 2019

Fuente: Elaboración propia

3.2.8.2.1 Datos de actividad de la subcategoría

Los datos de actividad de la categoría 1.A.3 Transporte se fundamentaron en la integración de información energética agregada, registros administrativos sectoriales y variables operacionales específicas para cada modo de transporte (aéreo, terrestre, férreo, acuático y por tubería). Esta aproximación permitió la construcción de series temporales consistentes para el periodo 1990–2024, en concordancia con los balances energéticos nacionales y con las recomendaciones metodológicas del IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006 en materia de coherencia de series temporales.

Los poderes caloríficos de los combustibles, requeridos en algunos casos para la conversión de unidades, se adoptaron a partir de los valores reportados en el BECO (Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), 2025y FECOC (Amell Arrieta et al., 2016.

Como base común, el consumo de combustibles fósiles reportado en el BECO constituyó el principal dato de actividad a nivel agregado para la mayoría de subcategorías y representó la base energética del cálculo. Este consumo se complementó con información desagregada proveniente de entidades sectoriales, como la Aeronáutica Civil (Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, 2024 para el transporte aéreo, el Registro Único Nacional de Tránsito -RUNT (Ministerio de Transporte, 2021 para el transporte terrestre y el Ministerio de Transporte (Ministerio de Transporte, 2025 para el transporte ferroviario, así como con sistemas de información sectorial como el Sistema de Información de Petróleo y Gas – SIPG (Ministerio de Minas y Energía, 2024) y el Sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación del sector minero energético (MRVme), entre otros.

Dada la heterogeneidad en la disponibilidad de información histórica, fue necesario implementar técnicas de empalme y reconstrucción de series con el propósito de completar vacíos de información y garantizar la consistencia temporal de las estimaciones. Estas técnicas incluyeron modelos de retroproyección, el uso de variables sustitutas (proxy) y métodos de suavizamiento estadístico, como Holt-Winters, los cuales permitieron extender y armonizar las series cuando no se disponía de información directa para determinados periodos.

En términos metodológicos, la estimación de los datos de actividad se sustentó en un enfoque híbrido que combinó, por una parte, una aproximación (top-down), basada en los consumos energéticos agregados reportados en el BECO, y, por otra, una aproximación (bottom-up), construida a partir de variables físicas de actividad, como el número de vuelos, el tamaño del parque automotor, la distancia recorrida o la carga transportada. La integración de ambos enfoques permitió desagregar los consumos de combustible por subcategoría, tipo de tecnología, combustible y, en algunos casos, nivel espacial. Asimismo, esta metodología aseguró la coherencia entre la estructura y dinámica de los sistemas de transporte analizados y los consumos energéticos reportados en los balances energéticos nacionales, fortaleciendo la consistencia interna de las estimaciones a lo largo de toda la serie temporal.

Adicionalmente, para la estimación de contaminantes criterio y carbono negro, los datos de actividad incorporaron un mayor nivel de desagregación operativa y tecnológica, en línea con la guía EMEP/EEA (European Environment Agency, 2019), incluyendo variables como fases de operación (en aviación), categorías tecnológicas vehiculares y parámetros de uso (en transporte terrestre).

Para las subcategorías más significativas, el procesamiento, la integración y la sistematización de los datos se realizaron mediante scripts en lenguaje R, lo que permitió automatizar los cálculos, fortalecer los controles de consistencia y soportar el recalculo completo de la serie temporal 1990–2024, derivado de mejoras en las fuentes de información y en los procedimientos metodológicos.

La Tabla 3-38 presenta las fuentes de información de los datos de actividad utilizados en la subcategoría 1.A.3. Transporte, incluyendo los periodos de cobertura, las fuentes de información y las consideraciones metodológicas asociadas, tales como la aplicación de técnicas de empalme y recálculo de las series temporales.

Tabla 3-38. Transporte: Fuente de información de datos de actividad

Dato de actividad		Periodo	Fuente	Observación
1.A.3.a. Aviación domestica				
1.A.3.a.i. Aviación doméstica (LTO)	Consumo anual de combustibles en aviación (Jet-A1 y Avigas) a nivel nacional	1990-2024	UPME - BECO	Se realizó el recálculo de la serie temporal completa por actualización de la fuente de datos. Dato de actividad utilizado como base energética del cálculo. Datos a escala nacional. Serie disponible 1990–2024.
	Número de vuelos (LTO) por tipo de equipo, aeropuerto y tipo de tráfico	1990-2003	Técnica de empalme: Modelo de retroproyección (Aerocivil – BECO)	Serie reconstruida. Para el periodo 1990–2003, se estimaron los niveles de actividad mediante modelos de regresión basados en la serie 2004–2017, manteniendo la coherencia con los patrones observados. Base año 2004.
		2004-2024	Aerocivil - Tráfico por equipo	Datos operacionales utilizados para estimar la actividad aérea en fase de aterrizaje y despegue (LTO), desagregados por tipo de aeronave y tráfico nacional (tráfico internacional como elemento informativo). Incluye desagregación espacial a nivel municipal.
	Consumo de combustible por ciclo LTO por tipo de aeronave	1990-2024	IPCC (parámetros LTO)	Consumos específicos (kg/vuelo) asignados por categoría de aeronave.
	Consumo de combustible asociado a operaciones LTO	1990-2024	Derivado (Aerocivil - IPCC)	Estimado a partir del número de vuelos y consumos específicos, constituyendo el dato de actividad efectivo para la subcategoría.
1.A.3.a.ii. Aviación doméstica (Crucero)	Consumo de combustible en fase de crucero	1990-2024	Derivado (BECO – LTO)	Estimado como la fracción remanente del consumo total de combustible (Jet-A1), una vez descontado el consumo asociado a las operaciones LTO.
1.A.3.b. Transporte terrestre				
1.A.3.b.i. Automóviles 1.A.3.b.i. Automóviles 1.A.3.b.i. Automóviles 1.A.3.b.ii. Camiones para servicio ligero 1.A.3.b.iii. Camiones para servicio pesado y autobuses 1.A.3.b.iii. Camiones para servicio pesado y autobuses 1.A.3.b.iii. Camiones para servicio pesado y autobuses 1.A.3.b.iv. Motocicletas	Consumo total de combustibles fósiles en transporte terrestre (total carretero)	1990-2024	UPME - BECO	Corresponde al consumo energético total del sector transporte terrestre reportado en el balance energético nacional, utilizado como base del cálculo (dato de actividad a escala nacional).
	Consumo de biocombustibles en transporte terrestre	2005-2024	UPME – SIPG (fracciones de mezcla de biocombustibles).	Incluye información de mezclas (diésel-biodiésel y gasolina-alcohol), utilizada como parte del consumo total energético del sector. Desde 2008 aplica para diésel-biodiésel y desde 2005 para gasolina-alcohol.
	Parque automotor por tipo de vehículo, combustible y año (18 categorías vehiculares homologadas según IPCC, ver Tabla 3 8)	1990-2021	Mintransporte – RUNT (Base de datos del parque automotor)	Información de la operación de registro vehicular procesada a partir de entradas y cancelaciones, permitiendo estimar el stock acumulado de vehículos por categoría y energético.
		2022-2024	Técnica de empalme (Mintransporte – RUNT)	Para años sin información completa, la serie fue completada mediante técnicas de empalme y proyección estadística (método Holt Winters), manteniendo la coherencia temporal del parque automotor.
	Factores de actividad y rendimiento de los vehículos	1990-2024	Mintransporte – (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2020)	Obtenidos del documento de actualización y consolidación de escenarios de emisiones de GEI del sector transporte. Se emplearon para representar el uso

Dato de actividad		Periodo	Fuente	Observación
1.A.3.b.v.4. Otros				del parque automotor y el desempeño energético por categoría vehicular.
	Vehículos convertidos a gas natural vehicular	2002-2024	Naturgas (Base de datos de vehículos convertidos a gas natural vehicular)	Información complementaria utilizada para ajustar la distribución del consumo de combustible entre gasolina y gas natural.
	Consumo de combustible por categoría vehicular	1990–2024	Derivado (BECO – RUNT)	Estimado mediante la asignación del consumo total de combustibles entre categorías vehiculares utilizando la estructura del parque automotor. Se emplea para la estimación de emisiones de GEI y contaminantes atmosféricos, para estos últimos se considera, adicionalmente, la distancia media anual recorrida (según categoría vehicular, combustible y tecnología).
1.A.3.b.v.1. Emisiones por evaporación procedentes de vehículos	Número de vehículos (según categoría vehicular, combustible y tecnología)	1990-2021	Mintransporte – RUNT (Base de datos del parque automotor)	Información de la operación de registro vehicular procesada a partir de entradas y cancelaciones, permitiendo estimar el stock acumulado de vehículos por categoría y energético.
		2022-2024	Técnica de empalme (Mintransporte – RUNT)	Para años sin información completa, la serie fue completada mediante técnicas de empalme y proyección estadística (método Holt Winters), manteniendo la coherencia temporal del parque automotor.
1.A.3.b.v.2. Desgaste de neumáticos y frenos 1.A.3.b.v.3. Desgaste de vías	Distancia media anual recorrida (según categoría vehicular, combustible y tecnología)	1990-2021	Derivado (Mintransporte – RUNT)	Estimada a partir de información del parque automotor, factores de actividad y parámetros de uso vehicular.
		2022-2024	Técnica de empalme (Mintransporte – RUNT)	Para años sin información completa, la serie fue completada mediante técnicas de empalme y proyección estadística (método Holt Winters), manteniendo la coherencia temporal del parque automotor.
1.A.3.c. Ferrocarriles	Consumo de combustibles fósiles en transporte férreo	1990-2005	UPME – BECO	Se realizó el recálculo de la serie temporal completa por actualización de la fuente de datos.
	Consumo de combustibles fósiles en transporte férreo	2006-2024	Técnica de empalme: (Mintransporte, Carga nacional)	Para el periodo 2006-2024, los datos de actividad se reconstruyeron mediante técnicas de empalme.
1.A.3.d. Navegación doméstica	Consumo de combustibles fósiles en transporte marítimo y fluvial	1990-2005	UPME – BECO	Se realizó el recálculo de la serie temporal completa por actualización de la fuente de datos. Para 1990-2005, la fuente reporta los consumos de forma agregada para las actividades fluvial y marítima; por lo que los datos de actividad conservan esta misma agregación.
		2006-2024	UPME – BECO	Se realizó el recálculo de la serie temporal completa por actualización de la fuente de datos. A partir del 2006, la fuente reporta los consumos desagregados en transporte fluvial y marítimo; por lo que los datos de actividad conservan este nivel de desagregación.

Dato de actividad		Periodo	Fuente	Observación
	Distribución del consumo de combustible entre transporte marítimo y fluvial	1990–2024	Tercera Comunicación Nacional	Factores derivados de la Tercera Comunicación Nacional, aplicados para la asignación de consumos en transporte marítimo y fluvial, para navegación nacional e internacional (este último como elemento informativo).
1.A.3.e. Otro transporte				
1.A.3.e.i. Transporte por tubería	Consumo de combustibles fósiles en transporte por gasoducto	1990-2009	Técnica de empalme: (MRVme, Cantidad de petróleo transportado por gasoducto)	Para el periodo 1990–2009, los datos de actividad se reconstruyeron mediante técnicas de empalme a partir de variables sustitutas.
		2010-2024	UPME – BECO	Se realizó el recalculo de la serie temporal completa por actualización de la fuente de datos. Datos a escala nacional.
	Consumo de combustibles fósiles en transporte por oleoducto	1990-2009	Técnica de empalme: (MRVme, Cantidad de petróleo transportado por oleducto)	Para el periodo 1990–2009, los datos de actividad se reconstruyeron mediante técnicas de empalme a partir de variables sustitutas.
		2010-2024	Minenergía – MRVme (a partir de Ecopetrol)	Se realizó el recalculo de la serie temporal completa por actualización de la fuente de datos. Datos a escala nacional.

Nota: UPME: Unidad de Planeación Minero energética; BECO: Balance Energético Colombiano; Aerocivil: Aeronáutica Civil de Colombia. SIPG: Sistema de Información de Petróleo y Gas. Mintransporte: Ministerio de Transporte. RUNT: Registro Único Nacional de Tránsito. Minenergía: Ministerio de Minas y Energía. Ecopetrol: Empresa Colombiana de Petróleos. Fuente: Elaboración propia.

Las técnicas de empalme descritas a continuación se aplicaron conforme a la orientación del Capítulo 5 de las Directrices del IPCC (2006) sobre coherencia de la serie temporal. A continuación, se presentan las técnicas implementadas en las subcategorías de la categoría Industrias manufactureras y de la construcción, en función de la disponibilidad de información histórica.

- **1.A.3.a. Aviación doméstica**

Los datos de actividad para la subcategoría 1.A.3.a Aviación doméstica se estimaron mediante la integración de información energética agregada y datos operacionales de actividad aérea. La estimación combinó el consumo total de combustibles de aviación reportado a nivel nacional con información detallada sobre operaciones de vuelo, complementada con parámetros técnicos para la estimación del consumo en fases específicas de la operación.

Para la subcategoría 1.A.3.a.i Aviación doméstica (LTO), el dato de actividad se basó en el número de operaciones aéreas (vuelos), desagregadas por tipo de aeronave, aeropuerto y tipo de tráfico. La información operacional se obtuvo de la operación estadística de transporte aéreo de la Aeronáutica Civil (Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, 2024b), disponible de forma consistente para el periodo 2004–2024. Para el periodo 1990–2003, los niveles de actividad se empalmaron mediante un modelo de retroproyección basado en la relación entre el número de vuelos y el tiempo, calibrado con la información disponible para el periodo 2004–2017.

Los tipos de aeronave fueron homologados a categorías definidas en las directrices del IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006)según se muestra en la Tabla 3-39, lo que permitió asignar consumos específicos de combustible por ciclo de aterrizaje y despegue (LTO). El consumo de combustible en esta fase se calculó multiplicando el número de vuelos por el consumo específico por tipo de aeronave, obteniéndose una estimación del consumo asociado a operaciones LTO a lo largo de la serie temporal 1990–2024. De forma independiente, el consumo total de combustibles de aviación (Jet-A1 y Avigas) se obtuvo del Balance Energético Colombiano (BECO) para el periodo 1990–2024, el cual representó el consumo agregado de combustible en el sector y constituyó la referencia energética total del sistema.

Tabla 3-39. Aviación doméstica. Tabla de homologación de aeronaves, categorías Aerocivil - IPCC

Aerocivil	IPCC	Aerocivil	IPCC	Aerocivil	IPCC
Aeronaves de turbina (Jet)					
B720	707	B741	747-100	A320, 320, A20, A20N, A21, A21N	A320
B721, R721	727-100	B742	747-200	A321	A321
723, 727, 72S, B722, R722	727-200	B743	747-300	330, 332, 333, A332, A333	A330-200/300
B731, B732	737-100/200	747, B744, B748	747-400	A342	A340-200
737, 732, 378, 73G, B733, B734, B735	737-300/400/500	752, 757, B752	757-200	A343	A340-300
B739	737-600	B753	757-300	A345, A346, A350	A340-500/600
B737	737-700	B762	767-200	CRJ, CRJ2, CRJ7	CRJ-100ER
738, B738, E737	737-800/900	763, 767, B763	767-300	E120, E145, E170, E190	ERJ-145
B77, B773, B77W, B77L, B772	777-200/300	B764, B788, B789	767-400	F10, F100, F28, F50, F70	Fokker 100/70/28
A30, A306, A30B, A33, A34	A300	DC10	DC-10	RJ85	RJ-RJ85
A310	A310	DC8, DC85, DC86	DC-8-50/60/70	MD11	MD-11
318, 319, A318, A319	A319	DC91–DC95	DC-9	M82, M83, MD81–MD88	MD-80
Aeronaves de turbina (Jet)					
D28T, D328	Dornier 328 Jet	ATR, AT*, AN*, DC2–DC6, C295	ATR72-500	GALX, GLEX, GAVI, GLF*	Gulfstream V
C212, DH8*, DHC*, LET, Y12	DHC8-100	AT4, B190, BE*, JS*, EMB, SF34	Beech King Air	C170–C210, PA*, SR22, LJ*, etc.	Cessna 525/560

Nota: *Asignado por equivalencia tecnológica (IPCC).

La asignación espacial del consumo se realizó a partir de la localización de los aeropuertos asociados a las operaciones aéreas. Mediante el uso de coordenadas geográficas y códigos estandarizados (IATA), los aeropuertos se vincularon a unidades territoriales definidas en la División Político Administrativa - DIVIPOLA (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2024b), utilizando cartografía base oficial de límites municipales. Esta asociación permitió distribuir el consumo de combustible a nivel municipal en función de la actividad observada.

Para la subcategoría 1.A.3.a.ii Aviación doméstica (Crucero), el dato de actividad no se observó directamente, sino que se estimó como la diferencia entre el consumo total de combustible reportado en el BECO (Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), 2025) y el consumo calculado para las operaciones LTO. Este valor correspondió al consumo asociado a las fases distintas al aterrizaje y despegue, y se estimó para todo el periodo 1990–2024. La distribución espacial del consumo en fase de crucero se realizó utilizando los mismos factores derivados de la actividad aérea, de manera consistente con la asignación espacial aplicada a la fase LTO.

Para la estimación de contaminantes criterio y carbono negro en la subcategoría de aviación, se consideró la necesidad de representar de manera más detallada las condiciones operativas asociadas al uso del combustible en la construcción de los datos de actividad. En este sentido, aunque el consumo total de combustible se mantuvo como base del dato de actividad, su desagregación por fases de operación (aterrizaje y despegue – LTO y fase de crucero) resultó necesaria para reflejar las diferencias en el uso del combustible bajo distintos regímenes de funcionamiento de los motores. Esta desagregación permitió incorporar, a nivel de actividad, la variabilidad operativa asociada al tipo de aeronave y a las condiciones de operación, en coherencia con las recomendaciones metodológicas internacionales.

En particular, este enfoque se alineó con la guía EMEP EEA 2019 (European Environment Agency, 2019h), que establece la diferenciación de la actividad por fases operativas como elemento clave para la caracterización del uso del combustible en la estimación de contaminantes criterio y carbono negro. De esta manera, mientras que para gases de efecto invernadero el dato de actividad puede representarse de forma agregada como consumo total de combustible, para contaminantes criterio y carbono negro se requirió una representación más desagregada del mismo, que reflejara las condiciones en las que dicho consumo tuvo lugar.

Este procedimiento correspondió a un enfoque híbrido, que combinó un enfoque bottom-up, basado en la información de actividad física (número de vuelos y consumo asociado a operaciones de aterrizaje y despegue – LTO), con un enfoque top-down, sustentado en los consumos energéticos agregados reportados en el Balance Energético Colombiano (BECO). Esta integración permitió desagregar el consumo total de combustible en componentes operativos (LTO y crucero) y asegurar su coherencia con los balances energéticos nacionales, así como su distribución espacial.

El procesamiento de los datos de actividad se implementó mediante scripts en lenguaje R, integrando las distintas fuentes de datos y los procedimientos de cálculo. Como resultado de mejoras metodológicas en la integración de fuentes, la desagregación operativa y los procesos de consistencia, se realizó el recalculo completo de la serie temporal 1990–2024, garantizando la coherencia de la actividad aeronáutica en el inventario.

- **1.A.3.b. Transporte terrestre**

Los datos de actividad para la subcategoría 1.A.3.b Transporte terrestre se estimaron mediante la integración de información energética agregada con información estructural del sistema vehicular, complementada con parámetros de actividad y factores de ajuste que permitieron desagregar el consumo total de combustibles por categoría vehicular, tipo de combustible y periodo de análisis.

El consumo total de combustibles en el transporte terrestre, incluyendo gasolina, diésel y gas natural, se obtuvo del Balance Energético Colombiano (BECO) para el periodo 1990–2024, el cual representó el consumo energético total del sector transporte carretero a nivel nacional y constituyó la base energética del cálculo.

De manera complementaria, se incorporó el consumo de biocombustibles considerando su participación dentro de los combustibles líquidos. Para ello, se utilizaron las fracciones de mezcla reportadas por la UPME a través del Sistema de Información de Petróleo y Gas – SIPG, en publicados en la “Estructura de precios de los combustibles en las principales ciudades” (Ministerio de Minas y Energía, 2024), correspondientes a la mezcla de alcohol carburante en gasolina (a partir de 2005) y de biodiésel en diésel (a partir de 2008). Estas mezclas se integraron al consumo total del sector, permitiendo representar explícitamente la composición del combustible utilizado en el transporte terrestre.

La caracterización de la actividad del transporte terrestre se realizó a partir del parque automotor, estimado con base en el registro administrativo del Registro Único Nacional de Tránsito – RUNT (Ministerio de Transporte, 2021). Esta información incluyó el número de vehículos por tipo de vehículo, combustible y año, y se procesó a partir de los registros de entradas (vehículos registrados) y salidas (vehículos cancelados), lo que permitió construir una serie del stock acumulado de vehículos por categoría vehicular y tipo de combustible a lo largo del tiempo.

Para el periodo 1990–2021, la estimación del parque automotor se basó en la información disponible del RUNT. Para los años 2022–2024, la serie se completó mediante técnicas de empalme y proyección estadística, utilizando el método de Holt-Winters, con el fin de mantener la coherencia temporal en la evolución del parque vehicular.

Adicionalmente, se incorporó información sobre vehículos convertidos a gas natural vehicular (GNV) proveniente de Naturgas para el periodo 2002–2024, la cual se utilizó como insumo para ajustar la distribución

del consumo entre gasolina y gas natural, en función de las conversiones tecnológicas observadas en el parque vehicular.

La información del parque automotor se homologó a las categorías del IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006) de acuerdo con la clasificación presentada en la Tabla 3-40, permitiendo agrupar las distintas clases vehiculares en las subcategorías del inventario. En este proceso, se realizó un ajuste específico para la categoría de automóviles, mediante la separación explícita de los vehículos de servicio público (taxi) del conjunto de automóviles (autos), dado que en los registros del RUNT esta diferenciación no se encuentra identificada de manera directa para su uso en el inventario. Este ajuste, realizado a partir de atributos descriptivos y operativos adicionales, permitió representar de forma más precisa las diferencias en los patrones de uso y consumo de combustible entre estas categorías.

Tabla 3-40. Transporte terrestre. Tabla de homologación de categorías vehiculares del RUNT- subcategorías IPCC

Subcategoría IPCC	Categoría vehicular RUNT
1.A.3.b.i. Automóviles	
1.A.3.b.i.1. Automóviles particulares, diplomáticos y oficiales	Autos
1.A.3.b.i.2. Automóviles servicio público	Taxi*
1.A.3.b.i.3. Camperos	Campero
1.A.3.b.ii. Camiones para servicio ligero	
1.A.3.b.ii.1. Camionetas	Camioneta
1.A.3.b.iii. Camiones para servicio pesado y autobuses	
1.A.3.b.iii.1. Buses	Microbus, Bus, Buseta
1.A.3.b.iii.2. Camiones y volquetas	Camión, Volqueta
1.A.3.b.iii.3. Tractocamiones	Tractocamión
1.A.3.b.iv. Motocicletas	
1.A.3.b.iv.1. Motos	Ciclomotor, Cuadriciclo, Cuatrimoto, Motocarro, Motocicleta, Mototriciclo, Tricimoto
1.A.3.b.v.4. Otros	Sin clase

Nota: *Separación explícita para fines del inventario.

La distribución del consumo total de combustibles entre categorías vehiculares se realizó utilizando la estructura del parque automotor como proxy de la actividad. Este procedimiento se complementó mediante la aplicación de factores de actividad y de rendimiento vehicular, los cuales representaron el uso promedio de los vehículos y su eficiencia energética. Los factores de actividad se obtuvieron del Documento de actualización y consolidación de escenarios de emisiones de GEI por sector y evaluación de costos de abatimiento asociados en Colombia (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2020), utilizando información del Ministerio de Transporte correspondiente al programa de renovación de carga y a la calibración de aproximaciones sectoriales. Los valores específicos de estos factores se presentan en la Tabla 3-41.

Tabla 3-41. Transporte terrestre. Factores de actividad (km/año) y rendimiento energético (km/gal) por categoría vehicular y tipo de combustible

Categoría	Diésel		Gasolina		Gas natural	
	Actividad (km/año)	Rendimiento (km/gal)	Actividad (km/año)	Rendimiento (km/gal)	Actividad (km/año)	Rendimiento (km/gal)
Autos Campero Sin clase	12.000	34,7	5.500	31,1	5.800	29,3
Taxi	60.000	34,7	40.000	31,1	87.000	29,3
Bus Buseta	54.000	9,3	2.000	7,7	90.000	7,9
Microbus	36.000	22,4	4.000	20,1	90.000	19,1
Camión Volqueta	30.000	11,9	5.000	10,7	40.000	7,9
Tractocamión	77.000	8,5	5.000	7,7	56.800	5,7
Camioneta	10.000	34,7	5.000	31,1	6.300	29,3
Ciclomotor Cuadriciclo Cuatrimoto Motocarro Motocicleta Mototriciclo Tricimoto	13.000	121,5	7.200	92,2	10.400	87,8

Fuente: (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2020)

Asimismo, se aplicó una fracción de ajuste al combustible utilizado en actividades todoterreno (aplicable a únicamente a diésel), con el fin de separar el consumo de combustible asociado. Esta fracción de ajuste se derivó de las subcategorías 1.A.2.g.vii y 1.A.4.c.ii (vehículos todoterreno y otra maquinaria), permitiendo asegurar la coherencia sectorial en la asignación del consumo energético.

Para la conversión de unidades energéticas, se utilizaron los poderes caloríficos reportados en el BECO, garantizando consistencia con los balances energéticos nacionales y con las unidades empleadas en el inventario.

A partir de la integración de estas fuentes, el consumo total de combustibles reportado en el BECO se asignó a las distintas categorías vehiculares, obteniendo como resultado el consumo de combustible por categoría vehicular para el periodo 1990–2024, el cual constituyó el dato de actividad desagregado utilizado en la estimación de emisiones de gases de efecto invernadero y contaminantes atmosféricos.

Para la estimación de contaminantes criterio y carbono negro, la desagregación del consumo de combustible por categoría vehicular se complementó con factores de actividad, rendimiento y características tecnológicas del parque automotor, debido a la mayor sensibilidad de estos contaminantes a las condiciones de operación y a la tecnología de los vehículos. En este contexto, se consideraron las categorías tecnológicas de los vehículos (por ejemplo, pre-Euro, Euro I, Euro II, Euro III, entre otras), de acuerdo con la clasificación de estándares de emisión establecida en la guía EMEP/EEA 2019. Esta diferenciación permitió incorporar la evolución de las tecnologías vehiculares y mejorar la representatividad de las emisiones de contaminantes criterio y carbono negro, manteniendo la coherencia metodológica con dicha guía.

La metodología correspondió a un enfoque híbrido, que combinó un enfoque top-down, basado en los consumos energéticos agregados del BECO, con un enfoque bottom-up estructural, sustentado en la caracterización del parque automotor a partir de registros administrativos del RUNT, e incorporó ajustes asociados al uso de biocombustibles, el desempeño vehicular, la conversión tecnológica, las propiedades energéticas de los combustibles y la asignación sectorial del consumo. Este enfoque permitió mantener la consistencia entre los balances energéticos nacionales y la representación del sistema de transporte terrestre en el inventario de emisiones.

El procesamiento de los datos de actividad se implementó mediante scripts en lenguaje R, integrando las distintas fuentes de datos y los procedimientos de cálculo. Como resultado de mejoras metodológicas en la integración de fuentes, los factores de ajuste y los procesos de consistencia, se realizó el recalculo completo de la serie temporal 1990–2024, garantizando la coherencia en la evolución del sistema de transporte terrestre en el inventario.

- **1.A.3.b.v. Otros**

Los datos de actividad para las subcategorías 1.A.3.b.v.1 Emisiones por evaporación procedentes de vehículos, 1.A.3.b.v.2 Desgaste de neumáticos y frenos y 1.A.3.b.v.3 Desgaste de vías se estimaron a partir de la caracterización de la actividad del transporte terrestre, considerando variables asociadas al uso del parque automotor.

Para la subcategoría 1.A.3.b.v.1 Emisiones por evaporación procedentes de vehículos, el dato de actividad se basó en el número de vehículos, desagregado por categoría vehicular, tipo de combustible y tecnología. Esta información se obtuvo del registro administrativo del RUNT para el periodo 1990–2021, mediante el procesamiento de registros de entradas y salidas, permitiendo estimar el stock acumulado del parque automotor. Para el periodo 2022–2024, la serie se completó mediante técnicas de empalme y proyección estadística (método Holt-Winters).

Para las subcategorías 1.A.3.b.v.2 Desgaste de neumáticos y frenos y 1.A.3.b.v.3 Desgaste de vías, el dato de actividad se basó en la distancia media anual recorrida, estimada a partir de la información del parque automotor y parámetros de uso vehicular, desagregados por categoría, combustible y tecnología. Esta variable representa la intensidad de uso del parque vehicular y fue extendida para el periodo 2022–2024 mediante técnicas de empalme consistentes con la evolución del parque automotor.

- **1.A.3.c. Ferrocarriles**

Los datos de actividad se estimaron a partir del consumo de combustibles fósiles reportado en el BECO. Para el periodo 2006–2024, ante la ausencia de información directa de consumo de combustibles en el transporte férreo, se aplicó una técnica de empalme mediante el uso de una variable sustituta (proxy). La evolución temporal del consumo de combustibles (carbón mineral, diésel oil y fuel oil) se estimó a partir del índice de variación de la carga nacional, construido con base en la información del documento Transporte en cifras del Ministerio de Transporte (Ministerio de Transporte, 2025). Este índice se utilizó para representar la dinámica de la actividad del transporte férreo y, a partir de ello, proyectar la serie de consumo de combustibles, manteniendo la coherencia con los niveles observados en los años con información disponible.

- **1.A.3.d. Navegación doméstica**

Los datos de actividad se estimaron a partir del consumo de combustibles fósiles reportado en el Balance Energético Colombiano. Para el periodo 1990–2005, la información se encuentra disponible de forma agregada para el transporte marítimo y fluvial, mientras que para el periodo 2006–2024 se dispone de información desagregada por modo de transporte. Como resultado de la actualización de la fuente de datos, se realizó el recalculo completo de la serie temporal, manteniendo la consistencia en las agregaciones y desagregaciones reportadas.

Adicionalmente, la asignación del consumo en transporte marítimo y fluvial, entre navegación nacional e internacional, se realizó mediante la aplicación de factores de distribución derivados de la Tercera Comunicación Nacional, los cuales permitieron complementar la información reportada y asegurar la coherencia en la representación de las subcategorías del inventario.

- **1.A.3.e.i. Transporte por tubería**

Para la subcategoría 1.A.3.e.i Transporte por tubería, los datos de actividad se estimaron de forma diferenciada para el transporte por gasoductos y oleoductos. Para el periodo 1990–2009, ante la ausencia de información directa de consumo energético, ambas series se reconstruyeron mediante técnicas de empalme utilizando como variables sustitutas del sistema MRVme, específicamente la cantidad de petróleo transportado por gasoducto para el caso de gasoductos y la cantidad de petróleo transportado por oleoducto para el caso de oleoductos. Para el periodo 2010–2024, se emplearon datos directos de consumo, utilizando el Balance Energético Colombiano para gasoductos y la información del MRVme (Ministerio de Minas y Energía, basada en datos de Ecopetrol) para oleoductos. A partir de la integración de estas fuentes, se realizó el recalculo completo de la serie temporal 1990–2024, garantizando la consistencia de los datos a escala nacional.

En la Tabla 3-42 se presentan los datos de actividad de la 1.A.3. Transporte.

Tabla 3-42. Transporte: datos de actividad por combustible o fuente de GEI, carbono negro y contaminantes criterio (TJ; vehículos; km/año)

1.A.3.a Aviación doméstica			
Año	1.A.3.a.i. Aviación doméstica (LTO) Avigas (TJ)	1.A.3.a.ii. Aviación doméstica (Crucero) Jet-A1 (TJ)	1.A.3.a.ii. Aviación doméstica (Crucero) Jet-A1 (TJ)
1990	935,4	2.496,4	11.826,9
1991	998,6	2.649,5	11.985,3
1992	813,9	2.802,5	14.838,6
1993	777,1	2.955,5	16.194,2
1994	741,1	3.108,5	18.376,5
1995	901,1	3.261,5	19.481,5
1996	903,5	3.414,6	19.475,1
1997	933,7	3.567,6	20.115,8
1998	904,4	3.720,6	20.017,8
1999	804,5	3.873,6	19.281,0
2000	721,2	4.026,7	17.215,1
2001	644,5	4.179,7	18.291,3
2002	646,6	4.332,7	17.569,2
2003	629,5	4.485,7	16.962,3
2004	668,1	4.782,5	17.108,1
2005	483,4	4.794,0	18.819,9
2006	464,3	5.134,8	20.506,0
2007	404,5	5.082,6	20.894,6
2008	482,3	4.868,8	21.376,8
2009	467,4	4.900,0	21.840,2
2010	477,3	5.508,2	25.437,9
2011	506,3	6.256,3	28.572,5
2012	500,7	5.795,9	29.279,0
2013	510,8	6.128,6	31.339,8
2014	502,5	6.167,1	32.005,8
2015	463,9	6.547,8	34.945,9
2016	475,3	6.612,8	37.101,1
2017	488,0	6.288,1	37.899,2
2018	463,4	6.621,8	39.289,1
2019	459,2	7.169,6	41.187,4
2020	457,0	2.838,3	17.802,7
2021	522,7	5.773,2	28.376,0
2022	542,8	7.797,7	43.834,3
2023	541,2	14.226,8	31.297,5
2024	550,4	15.267,1	30.575,9

Año	1.A.3.b.i.1. Automóviles particulares, diplomáticos y oficiales					1.A.3.b.i.2. Automóviles servicio público					1.A.3.b.i.3. Camperos				
	Alcohol	Biodiésel	Diésel oil	Gas natural	Gasolina	Alcohol	Biodiésel	Diésel oil	Gas natural	Gasolina	Alcohol	Biodiésel	Diésel oil	Gas natural	Gasolina
	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)
1990	NO	NO	103,1	20,3	78.384,1	NO	NO	32,0	9,9	38.396,0	NO	NO	380,2	10,8	23.876,8
1991	NO	NO	135,6	30,4	79.186,5	NO	NO	60,7	18,3	41.289,7	NO	NO	441,3	16,4	23.922,7
1992	NO	NO	172,1	41,8	82.363,3	NO	NO	82,3	32,1	45.757,5	NO	NO	501,3	23,2	24.634,9
1993	NO	NO	255,0	49,1	81.861,8	NO	NO	129,3	52,3	54.383,8	NO	NO	597,3	28,2	23.662,5
1994	NO	NO	282,3	51,4	83.947,8	NO	NO	145,4	69,6	57.522,0	NO	NO	552,9	30,6	23.533,8
1995	NO	NO	312,8	57,0	85.303,7	NO	NO	152,4	95,2	58.622,4	NO	NO	498,0	35,1	23.356,8
1996	NO	NO	401,4	67,5	85.086,6	NO	NO	201,1	142,2	58.836,8	NO	NO	572,8	42,6	23.075,0
1997	NO	NO	456,6	72,6	85.625,2	NO	NO	234,7	207,1	60.401,5	NO	NO	606,0	46,6	22.843,6
1998	NO	NO	449,4	75,2	84.391,3	NO	NO	237,4	260,4	59.720,4	NO	NO	579,1	48,5	22.301,4
1999	NO	NO	392,2	80,0	74.848,0	NO	NO	213,6	304,6	53.204,9	NO	NO	500,1	51,0	19.722,3
2000	NO	NO	498,5	91,0	67.013,7	NO	NO	280,7	387,1	48.069,8	NO	NO	627,8	57,7	17.550,6
2001	NO	NO	467,8	109,1	60.041,1	NO	NO	276,1	516,3	43.379,8	NO	NO	582,2	68,5	15.501,2
2002	NO	NO	474,8	144,7	59.032,8	NO	NO	411,6	878,1	42.877,3	NO	NO	572,5	77,2	14.998,5
2003	NO	NO	575,1	178,5	57.923,6	NO	NO	617,9	1.163,6	41.387,0	NO	NO	681,4	96,7	14.562,4
2004	NO	NO	701,2	331,0	55.648,5	NO	NO	784,9	2.584,4	37.882,4	NO	NO	830,5	156,3	13.898,6
2005	2.381,7	NO	748,0	517,0	49.772,9	1.626,4	NO	853,8	4.810,4	33.988,9	588,7	NO	930,7	201,3	12.301,6
2006	2.335,6	NO	823,3	828,7	48.809,2	1.556,8	NO	921,2	8.630,2	32.533,5	573,8	NO	1.122,1	258,4	11.990,9
2007	2.242,6	NO	799,5	1.089,2	46.864,9	1.494,7	NO	857,1	12.775,8	31.236,2	541,5	NO	1.218,6	361,7	11.315,1
2008	2.123,5	37,1	758,0	1.085,1	44.376,6	1.424,0	38,4	784,3	14.211,4	29.758,7	504,8	63,2	1.291,6	419,7	10.548,6
2009	2.100,3	38,7	790,1	857,8	43.891,3	1.451,3	39,5	806,7	12.779,2	30.328,1	489,3	71,5	1.459,9	414,2	10.226,0
2010	2.162,8	77,9	753,6	794,7	45.197,2	1.438,7	75,6	731,7	12.801,5	30.065,0	491,3	164,2	1.588,6	378,0	10.266,8
2011	2.401,0	71,4	771,7	809,5	47.345,9	1.480,8	63,5	686,1	13.764,1	29.200,5	523,1	167,6	1.812,8	360,1	10.315,7
2012	2.363,2	68,4	706,1	825,5	49.386,1	1.360,4	56,3	581,3	14.496,3	28.429,5	501,0	181,8	1.876,2	344,9	10.469,5
2013	2.478,8	67,3	674,7	865,4	51.200,5	1.358,2	51,1	512,9	16.324,5	28.055,4	512,2	197,7	1.982,1	368,7	10.580,1
2014	2.637,9	65,5	656,9	849,5	54.261,7	1.374,9	46,8	469,2	17.363,7	28.283,1	530,0	212,5	2.130,4	381,7	10.901,5
2015	2.463,5	66,5	666,7	793,6	50.576,7	1.240,4	46,1	462,1	17.338,0	25.466,0	480,2	227,4	2.280,0	384,6	9.859,1
2016	2.588,9	65,2	653,6	633,9	55.652,1	1.269,4	44,3	444,1	14.170,5	27.286,6	492,3	231,6	2.322,8	330,4	10.582,4
2017	2.705,0	65,1	646,5	530,0	64.979,3	1.297,2	42,5	422,3	11.756,5	31.162,2	503,2	234,6	2.328,9	286,9	12.087,8
2018	3.638,1	68,1	661,0	516,3	61.780,0	1.699,2	43,9	425,7	10.791,4	28.855,3	661,4	256,9	2.494,1	268,3	11.231,0
2019	3.905,2	64,3	671,1	516,7	63.869,2	1.788,4	40,9	426,9	10.040,2	29.249,1	696,0	253,9	2.648,8	255,4	11.382,4
2020	3.320,2	55,2	533,8	395,6	54.301,6	1.499,8	34,9	337,9	7.646,1	24.529,1	584,0	223,5	2.163,1	200,4	9.551,2
2021	2.646,0	72,6	654,1	484,0	73.163,2	1.191,7	46,0	413,8	9.331,0	32.950,8	464,3	295,9	2.665,0	245,2	12.837,9
2022	2.392,3	79,0	751,8	478,6	81.171,9	1.088,3	50,0	475,6	9.792,1	36.926,5	419,3	322,1	3.063,1	273,2	14.228,4
2023	2.683,0	78,9	769,9	444,5	77.652,3	1.225,4	49,9	487,1	9.343,9	35.466,3	470,1	321,5	3.136,7	267,4	13.605,8
2024	4.173,0	74,3	765,1	501,2	69.652,4	1.905,9	47,0	484,1	10.535,5	31.812,5	731,2	302,7	3.117,5	301,5	12.204,1

Año	1.A.3.b.ii.1. Camionetas					1.A.3.b.iii.1. Buses					1.A.3.b.iii.2. Camiones y volquetas				
	Alcohol	Biodiésel	Diésel oil	Gas natural	Gasolina	Alcohol	Biodiésel	Diésel oil	Gas natural	Gasolina	Alcohol	Biodiésel	Diésel oil	Gas natural	Gasolina
	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)
1990	NO	NO	194,7	20,8	19.617,6	NO	NO	7.811,3	338,8	7.318,3	NO	NO	12.173,7	210,5	25.146,4
1991	NO	NO	237,6	32,1	20.118,9	NO	NO	9.576,1	537,5	7.377,8	NO	NO	13.958,0	306,1	24.478,1
1992	NO	NO	279,0	44,7	20.978,4	NO	NO	11.552,0	759,4	7.713,0	NO	NO	15.580,6	400,0	24.308,3
1993	NO	NO	364,6	55,5	20.860,6	NO	NO	15.609,5	898,1	7.735,7	NO	NO	18.633,5	441,1	22.328,8
1994	NO	NO	371,6	63,1	21.475,3	NO	NO	15.428,1	922,1	7.739,0	NO	NO	17.934,0	460,7	21.459,2
1995	NO	NO	362,3	77,5	22.094,3	NO	NO	14.016,7	992,6	7.587,3	NO	NO	16.361,9	506,5	20.574,2
1996	NO	NO	434,8	95,8	22.277,1	NO	NO	15.951,2	1.100,5	7.205,0	NO	NO	18.592,1	571,0	19.470,5
1997	NO	NO	481,3	106,3	22.594,2	NO	NO	16.896,6	1.118,1	6.900,2	NO	NO	19.377,1	575,7	18.367,0
1998	NO	NO	492,2	111,1	22.446,3	NO	NO	16.898,1	1.105,2	6.528,0	NO	NO	18.774,2	569,9	17.131,2
1999	NO	NO	437,5	117,3	19.868,8	NO	NO	15.079,1	1.130,0	5.665,3	NO	NO	16.155,7	583,2	14.769,5
2000	NO	NO	566,3	133,3	17.668,9	NO	NO	20.033,7	1.259,1	4.950,7	NO	NO	20.195,7	646,6	12.849,0
2001	NO	NO	545,8	158,9	15.575,7	NO	NO	19.839,9	1.476,9	4.273,1	NO	NO	18.616,0	755,3	11.127,1
2002	NO	NO	568,7	179,9	15.002,2	NO	NO	20.822,7	1.642,6	4.016,8	NO	NO	18.174,8	840,6	10.493,4
2003	NO	NO	740,6	225,2	14.422,1	NO	NO	26.290,4	2.015,3	3.733,1	NO	NO	21.883,7	1.050,2	9.891,1
2004	NO	NO	1.012,4	364,2	13.599,1	NO	NO	33.619,0	3.156,9	3.395,5	NO	NO	26.657,0	1.687,9	9.102,3
2005	569,5	NO	1.236,1	473,2	11.902,0	135,2	NO	38.009,3	3.940,1	2.826,1	370,3	NO	29.122,6	2.124,8	7.738,2
2006	545,8	NO	1.677,7	613,2	11.404,9	122,4	NO	43.765,3	4.888,1	2.557,0	343,0	NO	34.241,0	2.665,7	7.167,4
2007	509,9	NO	2.018,4	872,4	10.656,1	107,4	NO	44.067,7	6.485,7	2.245,2	306,3	NO	36.479,8	3.653,2	6.401,7
2008	471,0	112,6	2.300,4	1.024,0	9.843,6	94,3	2.078,8	42.468,7	7.309,7	1.971,3	271,0	1.782,5	36.415,8	4.184,5	5.664,3
2009	454,8	131,6	2.687,5	1.036,6	9.504,5	88,4	2.220,2	45.356,7	7.258,0	1.847,2	254,0	1.886,7	38.544,7	4.194,7	5.308,6
2010	457,4	318,7	3.083,7	957,6	9.558,1	83,8	4.602,8	44.540,9	6.295,7	1.750,7	243,6	3.983,8	38.551,3	3.775,1	5.089,9
2011	498,8	354,9	3.838,2	937,3	9.835,1	84,7	4.300,7	46.506,7	5.666,5	1.670,5	245,9	3.946,0	42.671,4	3.544,1	4.848,0
2012	498,2	392,5	4.049,9	923,3	10.410,2	77,3	4.233,7	43.684,5	5.282,2	1.614,8	223,8	4.119,7	42.508,8	3.337,5	4.677,4
2013	546,0	432,8	4.340,1	1.025,4	11.277,2	75,8	4.335,3	43.473,3	5.861,6	1.565,7	218,2	4.268,6	42.804,0	3.501,8	4.508,0
2014	608,7	470,1	4.713,8	1.110,7	12.521,3	75,3	4.427,2	44.394,2	5.914,9	1.548,6	214,5	4.386,4	43.984,9	3.532,0	4.411,5
2015	588,8	516,2	5.176,6	1.141,4	12.088,9	66,3	4.599,5	46.122,4	5.756,9	1.360,9	187,2	4.655,5	46.683,4	3.429,8	3.842,3
2016	638,4	538,8	5.403,6	988,4	13.722,7	66,2	4.587,6	46.010,1	5.101,6	1.423,6	185,7	4.687,2	47.009,0	2.907,9	3.991,4
2017	690,3	562,1	5.580,3	859,8	16.582,3	66,3	4.571,8	45.389,6	4.471,4	1.591,6	184,8	4.670,6	46.371,0	2.498,6	4.438,4
2018	964,8	635,9	6.172,2	804,5	16.382,9	85,2	4.816,1	46.749,3	4.294,0	1.446,3	237,4	4.968,9	48.232,8	2.333,0	4.031,6
2019	1.076,8	651,9	6.799,3	767,2	17.610,9	87,6	4.594,2	47.920,4	4.393,4	1.432,7	244,5	4.806,1	50.130,8	2.218,7	3.998,1
2020	945,5	593,5	5.743,4	604,4	15.464,0	72,5	3.943,9	38.165,1	4.242,8	1.185,6	202,3	4.232,9	40.961,9	1.752,6	3.308,2
2021	757,6	787,4	7.090,2	740,4	20.948,8	57,5	5.190,1	46.737,1	5.188,3	1.590,4	160,4	5.604,0	50.464,4	2.148,5	4.435,3
2022	684,3	856,9	8.149,3	825,3	23.217,9	51,9	5.648,4	53.718,4	5.782,9	1.762,6	144,9	6.098,9	58.002,5	2.394,7	4.915,8
2023	767,1	855,3	8.345,2	807,6	22.202,0	58,2	5.637,8	55.009,8	5.658,9	1.685,5	162,4	6.087,5	59.396,9	2.343,4	4.700,7
2024	1.193,1	805,5	8.294,0	910,6	19.914,7	90,6	5.309,4	54.672,6	6.380,6	1.511,8	252,6	5.732,8	59.032,8	2.642,2	4.216,4

Año	1.A.3.b.iii.3. Tractocamiones					1.A.3.b.iv.1. Motos					1.A.3.b.v.4. Otros				
	Alcohol	Biodiésel	Diésel oil	Gas natural	Gasolina	Alcohol	Biodiésel	Diésel oil	Gas natural	Gasolina	Alcohol	Biodiésel	Diésel oil	Gas natural	Gasolina
	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)
1990	NO	NO	9.568,9	14,5	1.333,6	NO	NO	58,7	2,3	19.240,9	NO	NO	3,0E-02	NO	1,0E-01
1991	NO	NO	10.963,8	20,8	1.297,9	NO	NO	72,2	3,5	20.039,4	NO	NO	1,0E-01	NO	1,0E-01
1992	NO	NO	12.625,6	27,7	1.300,0	NO	NO	95,4	4,8	21.987,7	NO	NO	1,0E-01	NO	1,0E-01
1993	NO	NO	16.739,5	30,7	1.225,9	NO	NO	138,4	5,6	23.143,3	NO	NO	1,0E-01	NO	1,0E-01
1994	NO	NO	15.805,6	32,0	1.163,6	NO	NO	159,1	6,2	25.631,5	NO	NO	1,0E-01	NO	1,0E-01
1995	NO	NO	14.150,3	36,5	1.141,8	NO	NO	182,1	8,1	28.970,1	NO	NO	1,0E-01	NO	1,0E-01
1996	NO	NO	15.749,0	40,7	1.078,6	NO	NO	256,0	10,0	31.438,3	NO	NO	1,0E-01	NO	1,0E-01
1997	NO	NO	16.446,3	41,4	1.025,3	NO	NO	316,9	10,8	33.520,7	NO	NO	1,0E-01	NO	1,0E-01
1998	NO	NO	16.017,5	41,1	969,2	NO	NO	329,3	11,7	34.657,8	NO	NO	1,0E-01	NO	1,0E-01
1999	NO	NO	13.676,8	42,6	836,9	NO	NO	300,5	12,5	31.722,2	NO	NO	1,0E-01	NO	1,0E-01
2000	NO	NO	16.972,3	47,3	728,7	NO	NO	398,5	14,4	28.974,7	NO	NO	1,0E-01	NO	1,0E-01
2001	NO	NO	15.481,2	55,0	632,0	NO	NO	382,9	17,2	26.165,7	NO	NO	1,0E-01	NO	1,0E-01
2002	NO	NO	15.122,0	61,4	598,0	NO	NO	404,9	19,7	26.144,3	NO	NO	1,0E-01	NO	1,0E-01
2003	NO	NO	18.173,8	75,1	574,2	NO	NO	550,3	25,3	27.076,6	NO	NO	2,0E-01	NO	1,0E-01
2004	NO	NO	22.550,7	122,7	533,0	NO	NO	763,2	41,7	27.308,3	NO	NO	3,0E-01	NO	2,0E-01
2005	21,9	NO	25.572,7	160,2	457,6	1.259,4	NO	918,3	55,1	26.319,3	8,4E-03	NO	4,0E-01	NO	2,0E-01
2006	20,4	NO	32.363,1	209,9	425,7	1.420,2	NO	1.185,0	77,6	29.679,7	7,7E-03	NO	5,0E-01	NO	2,0E-01
2007	18,3	NO	36.278,2	295,6	383,0	1.514,5	NO	1.285,4	117,7	31.650,3	6,8E-03	NO	6,0E-01	2,7E-02	1,0E-01
2008	16,2	1.713,3	35.001,8	337,7	338,9	1.542,1	65,3	1.334,2	140,5	32.227,3	6,0E-03	3E-02	6,0E-01	3,1E-02	1,0E-01
2009	15,2	1.777,0	36.302,0	326,3	317,0	1.582,6	70,5	1.440,7	146,8	33.072,8	5,6E-03	5E-02	9,0E-01	3,0E-02	1,0E-01
2010	13,9	3.598,9	34.826,4	269,6	291,4	1.707,7	140,7	1.361,5	134,6	35.687,2	6,4E-03	1E-01	1,2E+00	2,7E-02	1,0E-01
2011	13,5	3.721,2	40.240,9	243,2	265,5	1.987,2	128,1	1.385,3	126,5	39.185,3	9,8E-03	2E-01	2,0E+00	2,6E-02	2,0E-01
2012	12,0	4.125,6	42.569,5	223,1	251,2	2.080,2	122,0	1.258,4	119,3	43.471,7	1,0E-02	2E-01	1,9E+00	2,4E-02	2,0E-01
2013	11,4	4.118,4	41.297,7	221,2	235,0	2.329,0	119,6	1.199,1	125,9	48.108,2	9,9E-03	2E-01	1,8E+00	2,5E-02	2,0E-01
2014	10,8	4.035,3	40.464,3	220,4	221,8	2.617,9	116,5	1.168,3	126,8	53.851,8	2,2E-02	2E-01	2,0E+00	2,6E-02	4,0E-01
2015	9,3	4.114,9	41.262,3	217,2	190,8	2.575,7	118,4	1.187,7	126,2	52.879,8	1,9E-02	2E-01	2,1E+00	2,5E-02	4,0E-01
2016	9,3	3.980,0	39.916,5	182,2	199,4	2.803,6	116,0	1.163,5	106,5	60.266,6	1,9E-02	2E-01	1,8E+00	2,1E-02	4,0E-01
2017	9,3	3.817,8	37.904,2	158,4	222,3	3.006,1	113,5	1.127,1	92,1	72.213,8	1,8E-02	1E-01	1,5E+00	1,8E-02	4,0E-01
2018	11,9	3.949,7	38.339,1	153,2	201,7	4.163,7	118,5	1.150,2	86,0	70.704,7	2,4E-02	1E-01	1,4E+00	1,7E-02	4,0E-01
2019	12,2	3.778,1	39.407,8	179,1	200,3	4.623,5	112,0	1.168,5	81,7	75.615,3	2,4E-02	1E-01	1,3E+00	1,6E-02	4,0E-01
2020	10,1	3.318,5	32.113,4	312,9	165,7	4.065,7	96,3	931,6	64,1	66.493,0	2,0E-02	1E-01	1,0E+00	1,3E-02	3,0E-01
2021	8,0	4.382,3	39.462,6	408,8	222,1	3.260,3	126,8	1.141,7	78,4	90.150,9	1,6E-02	1E-01	1,3E+00	1,6E-02	4,0E-01
2022	7,3	4.769,2	45.357,3	455,7	246,1	2.944,7	138,0	1.312,2	87,4	99.915,9	1,4E-02	2E-01	1,5E+00	1,7E-02	5,0E-01
2023	8,1	4.760,3	46.447,7	445,9	235,4	3.301,2	137,7	1.343,7	85,5	95.544,0	1,6E-02	2E-01	1,5E+00	1,7E-02	5,0E-01
2024	12,6	4.483,0	46.163,0	502,8	211,1	5.134,5	129,7	1.335,5	96,4	85.700,8	2,4E-02	1E-01	1,5E+00	1,9E-02	4,0E-01

Año	1.A.3.b.v.1. Emisiones por evaporación de vehículos	1.A.3.b.v.2. Desgaste de neumáticos y frenos 1.A.3.b.v.3. Desgaste de vías			1.A.3.c. Ferrocarriles			1.A.3.d. Navegación doméstica			1.A.3.e.i. Transporte por tubería		
	Gasolina	Diésel oil	Gas natural	Gasolina	Carbón mineral	Diésel oil	Fuel oil	Diésel marino	Fuel oil	Gasolina	Diésel oil	Gas Natural	Petróleo
	(vehículos)	(km/año)	(km/año)	(km/año)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)
1990	1.361.054	3.880.162.000	512.841.800	9.109.197.600	56,3	825,7	40,3	4.103,2	125,1	2.939,2	40,1	3.120,3	431,2
1991	1.439.581	4.052.401.000	561.093.100	9.729.569.300	NO	857,8	73,3	4.264,8	228,9	3.137,9	40,1	3.150,8	431,2
1992	1.539.943	4.324.374.000	619.156.100	10.523.151.300	41,1	1.027,6	150,6	5.109,0	470,3	3.348,9	41,0	3.097,5	440,8
1993	1.727.473	4.946.801.000	729.479.300	12.181.125.300	NO	396,1	37,9	5.323,2	108,0	3.401,8	41,8	3.004,5	450,4
1994	1.939.575	5.541.170.000	838.744.800	13.782.602.200	NO	460,5	47,9	5.873,8	136,4	3.033,4	42,7	2.996,4	459,9
1995	2.186.374	6.163.403.000	965.151.600	15.573.364.000	NO	511,2	133,2	6.520,3	379,5	3.688,5	43,6	3.375,8	469,5
1996	2.408.431	6.632.959.000	1.065.461.600	17.197.943.300	NO	576,3	71,9	7.350,0	204,9	3.698,2	44,5	3.897,6	479,0
1997	2.654.911	7.135.776.000	1.208.871.100	19.051.432.700	NO	585,0	133,2	7.461,2	379,5	3.821,8	44,5	4.773,3	479,0
1998	2.873.314	7.663.172.000	1.324.383.800	20.651.779.200	NO	593,4	102,4	7.567,7	291,7	3.701,8	100,2	5.322,0	1.077,8
1999	2.997.913	7.970.980.000	1.394.855.900	21.577.759.400	NO	529,7	62,3	6.755,3	177,4	3.292,8	100,2	4.662,8	1.077,8
2000	3.105.986	8.305.183.000	1.469.097.600	22.408.986.800	NO	651,2	147,0	8.305,5	418,6	2.951,9	100,2	5.243,0	1.077,8
2001	3.216.229	8.692.913.000	1.548.515.700	23.268.571.200	NO	932,7	147,0	11.895,2	418,6	2.637,8	100,2	5.489,5	1.077,8
2002	3.358.072	9.257.858.000	2.037.140.700	24.302.419.800	NO	652,4	152,7	8.320,2	434,9	2.646,4	100,2	5.536,2	1.077,8
2003	3.566.993	9.980.747.000	2.098.454.120	25.801.227.700	NO	732,3	107,8	9.340,4	306,9	2.576,5	100,2	5.372,7	1.077,8
2004	3.786.317	10.757.037.000	2.689.219.780	27.161.595.800	40,8	952,5	62,8	12.148,9	178,8	2.734,7	100,2	5.573,9	1.077,8
2005	4.090.098	11.622.857.000	3.654.849.660	29.304.641.700	NO	1.057,3	79,2	13.795,2	225,4	2.412,9	100,2	5.686,0	1.077,8
2006	4.598.961	13.031.601.000	5.028.746.260	32.751.992.800	NO	1.067,7	79,9	1.556,2	NO	137,5	100,2	6.043,9	1.077,8
2007	5.233.214	14.774.857.000	5.122.019.660	37.443.278.200	NO	1.142,7	85,6	1.646,0	NO	133,9	100,2	6.279,4	1.077,8
2008	5.824.160	15.975.673.000	4.715.525.960	41.918.816.000	NO	1.255,9	94,0	1.853,3	NO	128,2	100,2	7.142,8	1.077,8
2009	6.286.449	16.745.558.000	4.065.263.060	45.640.700.700	NO	1.275,8	95,5	1.208,5	NO	127,9	109,6	8.006,4	1.179,6
2010	6.886.601	17.574.530.000	4.350.887.160	49.838.592.200	NO	1.439,6	107,8	836,1	2,7	187,5	119,1	7.723,9	1.281,4
2011	7.636.015	18.946.723.000	4.874.105.380	54.845.171.300	NO	1.601,3	119,9	1.782,2	NO	116,7	299,0	8.150,0	2.355,6
2012	8.422.604	20.605.712.000	5.405.279.160	60.068.294.500	NO	1.649,6	123,5	2.006,7	5,3	186,2	523,6	8.989,5	4.151,8
2013	9.273.664	21.572.287.000	5.637.113.720	65.865.584.050	NO	1.649,1	123,5	1.436,9	51,9	174,6	559,6	10.402,5	4.192,1
2014	10.194.568	22.540.265.000	5.781.106.100	72.142.012.950	NO	921,6	69,0	2.006,5	1.469,8	127,2	553,5	10.640,9	4.571,0
2015	11.094.509	23.210.778.500	5.783.309.900	78.367.397.900	NO	1.029,6	77,1	3.260,0	2.284,2	74,9	672,1	10.784,8	4.343,4
2016	11.879.093	23.661.919.500	5.556.414.980	83.804.434.750	NO	1.187,6	88,9	3.333,7	2.655,8	154,1	397,7	11.396,9	4.530,7
2017	12.574.080	24.028.952.500	5.326.625.080	88.591.670.800	NO	1.083,3	81,1	2.666,8	2.172,8	234,3	1.185,0	13.786,8	4.136,4
2018	13.312.865	24.444.340.500	5.351.738.400	93.597.613.750	NO	1.021,4	76,5	2.796,9	528,1	260,3	614,1	14.962,3	3.884,1
2019	14.111.147	24.979.165.500	5.402.459.760	99.048.132.700	NO	1.081,7	81,0	3.253,0	251,0	266,8	1.109,1	15.560,6	3.833,2
2020	14.773.180	25.473.290.500	5.349.951.160	103.617.809.200	NO	766,2	57,4	2.043,9	58,8	225,8	1.032,3	14.686,0	3.117,3
2021	14.898.453	25.550.793.500	5.341.181.140	104.474.923.450	NO	684,3	51,2	2.916,3	65,0	300,1	890,6	13.599,2	2.558,0
2022	15.028.895	25.628.308.626	5.393.089.842	105.505.916.775	NO	660,9	49,5	4.065,7	69,8	327,8	912,3	13.635,6	2.620,2
2023	15.159.338	25.706.074.237	5.436.360.716	106.536.914.026	NO	668,7	50,1	3.868,7	70,2	326,8	940,0	13.950,8	2.699,7
2024	15.289.781	25.783.839.847	5.479.631.590	107.567.911.277	NO	696,5	52,1	3.878,0	71,4	332,4	937,1	13.432,3	2.691,6

Nota: NO: No ocurre. Fuente: Elaboración propia.

3.2.8.2.2 Factores de emisión aplicados en la subcategoría

Para los gases de efecto invernadero (CO_2, CH_4 y N_2O), los factores de emisión se definieron de forma diferenciada por gas. Los valores de CO_2 corresponden a los Factores de Emisión de Combustibles de Colombia (Amell Arrieta et al., 2016), clasificados como Nivel (Tier) 2, reflejando condiciones específicas del contexto nacional; estos se expresan en unidades energéticas (kg/TJ). Por su parte, los factores de CH_4 y N_2O corresponden a los valores por defecto de las Directrices del IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006a), clasificados como Nivel (Tier) 1, también expresados en unidades energéticas y diferenciados por tipo de combustible.

Para los contaminantes atmosféricos (incluyendo CO, NO_X, COVDM, NH_3, SO_2, PM_{10} y $PM_{2.5}$), se emplearon principalmente factores de emisión de la guía EMEP/EEA (European Environment Agency, 2019)complementados con fuentes específicas como Danish EPA (Danish Environmental Protection Agency, 2023) que corresponden a factores desarrollados por la Agencia de Protección Ambiental de Dinamarca, utilizados particularmente para la estimación de emisiones en aviación. Estos factores se aplicaron en unidades coherentes con el tipo de dato de actividad, incluyendo factores por distancia recorrida (g/km), por energía (kg/TJ) y por masa de combustible (kg/t). En el transporte terrestre, los factores se diferenciaron por categoría vehicular, tipo de combustible y características tecnológicas, incorporando estándares de emisión vehicular (Pre-Euro, Euro 1, 3 y 4), lo que permitió representar la variabilidad asociada al desempeño del parque automotor.

Para el carbono negro (CN), los factores de emisión se definieron como fracciones del material particulado fino ($PM_{2.5}$), de acuerdo con la metodología de la guía EMEP/EEA (2019), expresados como porcentaje o relación masa-masa. Estos factores se diferenciaron por tipo de combustible y por características tecnológicas del sistema, en coherencia con la desagregación aplicada en los contaminantes particulados.

En el caso de las emisiones no asociadas a la combustión, que incluyen las emisiones evaporativas y las provenientes del desgaste de neumáticos, frenos y vías, los factores de emisión se expresan en unidades consistentes con la actividad física del sistema, tales como emisiones por vehículo (g/vehículo día) y por distancia recorrida (g/km), en concordancia con la definición de los datos de actividad para estas subcategorías.

La selección de factores de emisión permitió mantener la coherencia entre las unidades de los factores y los datos de actividad, así como la consistencia con las metodologías internacionales aplicables, incorporando distintos niveles de detalle según el contaminante, la disponibilidad de información y la naturaleza de cada subcategoría del sector transporte.

La Tabla 3-43 presenta el resumen de los factores de emisión utilizados por subcategoría, combustible y tipo de contaminante.

Tabla 3-43. Transporte: factores de emisión aplicados por fuente de GEI, carbono negro y contaminantes criterio

Subcategoría	Fuente FE	Nivel (Tier)	Clasif.	Cont	Valor	Unidad
1.A.3.a.i. Aviación doméstica (LTO) 1.A.3.a.ii. Aviación doméstica (Crucero)	UPME, 2016 FECOC	2	Avigas	CO_2	56.337,8	kg CO_2/TJ
1.A.3.a.i. Aviación doméstica (LTO) 1.A.3.a.ii. Aviación doméstica (Crucero)	UPME, 2016 FECOC	2	Jet-A1	CO_2	88.461,1	kg CO_2/TJ
1.A.3.b. Transporte terrestre	UPME, 2016 FECOC	2	Biodiésel	CO_2	54.806,5	kg CO_2/TJ
1.A.3.b. Transporte terrestre	UPME, 2016 FECOC	2	Gas natural	CO_2	55.539,1	kg CO_2/TJ
1.A.3.b. Transporte terrestre	UPME, 2016 FECOC	2	Alcohol	CO_2	84.758,1	kg CO_2/TJ
1.A.3.b. Transporte terrestre 1.A.3.c. Ferrocarriles	UPME, 2016 FECOC	2	Diésel oil	CO_2	74.193,5	kg CO_2/TJ
1.A.3.b. Transporte terrestre 1.A.3.d. Navegación doméstica	UPME, 2016 FECOC	2	Gasolina	CO_2	69.323,7	kg CO_2/TJ
1.A.3.c. Ferrocarriles	UPME, 2016 FECOC	2	Carbón mineral	CO_2	88.136,0	kg CO_2/TJ
1.A.3.c. Ferrocarriles 1.A.3.d. Navegación doméstica	UPME, 2016 FECOC	2	Fuel oil	CO_2	78.281,2	kg CO_2/TJ
1.A.3.d. Navegación doméstica	UPME, 2016 FECOC	2	Diésel marino	CO_2	65.207,2	kg CO_2/TJ
1.A.3.a.i. Aviación doméstica (LTO) 1.A.3.a.ii. Aviación doméstica (Crucero)	IPCC, 2006	1	Avigas	CH_4	0,5	kg CH_4/TJ
1.A.3.a.i. Aviación doméstica (LTO) 1.A.3.a.ii. Aviación doméstica (Crucero)	IPCC, 2006	1	Jet-A1	CH_4	3,0	kg CH_4/TJ
1.A.3.b. Transporte terrestre	IPCC, 2006 Cu.3.2.2 V.2 Ch.3	1	Biodiésel, Diésel oil	CH_4	3,9	kg CH_4/TJ
1.A.3.b. Transporte terrestre	IPCC, 2006 Cu.3.2.2 V.2 Ch.3	1	Alcohol	CH_4	18,0	kg CH_4/TJ
1.A.3.b. Transporte terrestre	IPCC, 2006 Cu.3.2.2 V.2 Ch.3	1	Gasolina	CH_4	33,0	kg CH_4/TJ
1.A.3.b. Transporte terrestre	IPCC, 2006 Cu.3.2.2 V.2 Ch.3	1	Gas natural	CH_4	92,0	kg CH_4/TJ
1.A.3.b.iv.1. Motos	(Juicio de experto)	1	Gasolina - Fracción de ajuste	CH_4	2,9E-01	Fracción
1.A.3.c. Ferrocarriles	IPCC, 2006 Cu.3.4.1 VL2 Ch.3	1	Diésel oil, Fuel oil	CH_4	4,2	kg CH_4/TJ
1.A.3.d. Navegación doméstica	IPCC, 2006 Cu.3.5.3 VL2 Ch.3	1	Diésel marino, Fuel oil, Gasolina	CH_4	7,0	kg CH_4/TJ
1.A.3.a.i. Aviación doméstica (LTO) 1.A.3.a.ii. Aviación doméstica (Crucero)	IPCC, 2006	1	Jet-A1	N_2O	0,6	kg N_2O/TJ
1.A.3.a.i. Aviación doméstica (LTO) 1.A.3.a.ii. Aviación doméstica (Crucero)	IPCC, 2006	1	Avigas	N_2O	2,0	kg N_2O/TJ

Subcategoría	Fuente FE	Nivel (Tier)	Clasif.	Cont	Valor	Unidad
1.A.3.b. Transporte terrestre	IPCC, 2006 Cu.3.2.2 V.2 Ch.3	1	Gas natural	N_2O	3,0	kg N_2O/TJ
1.A.3.b. Transporte terrestre	IPCC, 2006 Cu.3.2.2 V.2 Ch.3	1	Gasolina	N_2O	3,2	kg N_2O/TJ
1.A.3.b. Transporte terrestre	IPCC, 2006 Cu.3.2.2 V.2 Ch.3	1	Biodiésel, Diésel oil	N_2O	3,9	kg N_2O/TJ
1.A.3.b. Transporte terrestre	IPCC, 2006 Cu.3.2.2 V.2 Ch.3	1	Alcohol	N_2O	41,0	kg N_2O/TJ
1.A.3.c. Ferrocarriles	IPCC, 2006 Cu.3.4.1 V.2 Ch.3	1	Carbón mineral	N_2O	1,5	kg N_2O/TJ
1.A.3.c. Ferrocarriles	IPCC, 2006 Cu.3.4.1 V.2 Ch.3 Cu.2.2 V.2 Ch.2	1	Diésel oil, Fuel oil	N_2O	28,6	kg N_2O/TJ
1.A.3.d. Navegación doméstica	IPCC, 2006 Cu.3.5.3 V.2 Ch.3	1	Diésel marino, Fuel oil, Gasolina	N_2O	2,0	kg N_2O/TJ
1.A.3.b.i Automóviles (incluye particulares, servicio público y camperos)	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3b	2	Diésel - Pre-Euro	CN	0,6	% $PM_{2.5}$
1.A.3.b.i Automóviles (incluye particulares, servicio público y camperos)	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3b	2	Diésel - Euro 1	CN	0,7	%$PM_{2.5}$
1.A.3.b.i Automóviles (incluye particulares, servicio público y camperos)	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3b	2	Diésel - Euro 2	CN	0,8	% $PM_{2.5}$
1.A.3.b.i Automóviles (incluye particulares, servicio público y camperos)	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3b	2	Diésel - Euro 4	CN	0,9	% $PM_{2.5}$
1.A.3.b.i Automóviles (incluye particulares, servicio público y camperos)	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3b	2	Gasolina - Pre-Euro	CN	2,0E-02	% $PM_{2.5}$
1.A.3.b.i Automóviles (incluye particulares, servicio público y camperos)	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3b	2	Gasolina - Euro 1	CN	2,5E-01	% $PM_{2.5}$
1.A.3.b.i Automóviles (incluye particulares, servicio público y camperos)	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3b	2	Gasolina - Euro 2	CN	2,5E-01	% $PM_{2.5}$
1.A.3.b.i Automóviles (incluye particulares, servicio público y camperos)	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3b	2	Gasolina - Euro 4	CN	1,5E-01	%$PM_{2.5}$
1.A.3.a.i. Aviación doméstica (LTO) 1.A.3.a.ii. Aviación doméstica (Crucero)	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3a	1	Avigas, Jet-A1	CN	0,5	%$PM_{2.5}$
1.A.3.b.v.2. Desgaste de neumáticos y frenos	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3bvi-vii	1	Vehículos pesados, livianos y automóviles	CN	1,0E-01	% $PM_{2.5}$
1.A.3.b.v.2. Desgaste de neumáticos y frenos	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3bvi-vii	1	Motocicletas	CN	1,2E-01	% $PM_{2.5}$
1.A.3.d. Navegación doméstica	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3d	1	Diésel marino	CN	4,8E-02	Kg CN/t
1.A.3.d. Navegación doméstica	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3d	1	Gasolina	CN	1,0E-01	% $PM_{2.5}$
1.A.3.d. Navegación doméstica	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3d	1	Fuel oil	CN	1,0E-01	Kg CN/t

Subcategoría	Fuente FE	Nivel (Tier)	Clasif.	Cont	Valor	Unidad
1.A.3.b.i Automóviles (incluye particulares, servicio público y camperos)	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3b	2	Diésel - Pre-Euro	CO	0,7	g CO/km
1.A.3.b.i Automóviles (incluye particulares, servicio público y camperos)	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3b	2	Diésel - Euro 1	CO	4,1E-01	g CO/km
1.A.3.b.i Automóviles (incluye particulares, servicio público y camperos)	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3b	2	Diésel - Euro 2	CO	3,0E-01	g CO/km
1.A.3.b.i Automóviles (incluye particulares, servicio público y camperos)	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3b	2	Diésel - Euro 4	CO	9,2E-02	g CO/km
1.A.3.b.i Automóviles (incluye particulares, servicio público y camperos)	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3b	2	Gasolina - Pre-Euro	CO	37,3	g CO/km
1.A.3.b.i Automóviles (incluye particulares, servicio público y camperos)	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3b	2	Gasolina - Euro 1	CO	3,9	g CO/km
1.A.3.b.i Automóviles (incluye particulares, servicio público y camperos)	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3b	2	Gasolina - Euro 2	CO	2,0	g CO/km
1.A.3.b.i Automóviles (incluye particulares, servicio público y camperos)	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3b	2	Gasolina - Euro 4	CO	0,6	g CO/km
1.A.3.b.i Automóviles (incluye particulares, servicio público y camperos)	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3b	2	Gas natural	CO	0,6	g CO/km
1.A.3.b.ii.1 Camionetas	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3b	2	Diésel - Pre-Euro	CO	1,3	g CO/km
1.A.3.b.ii.1 Camionetas	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3b	2	Diésel - Euro 1	CO	0,6	g CO/km
1.A.3.b.ii.1 Camionetas	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3b	2	Diésel - Euro 2	CO	0,6	g CO/km
1.A.3.b.ii.1 Camionetas	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3b	2	Diésel - Euro 4	CO	3,8E-01	g CO/km
1.A.3.b.ii.1 Camionetas	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3b	2	Gasolina - Pre-Euro	CO	25,5	g CO/km
1.A.3.b.ii.1 Camionetas	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3b	2	Gasolina - Euro 1	CO	8,8	g CO/km
1.A.3.b.ii.1 Camionetas	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3b	2	Gasolina - Euro 2	CO	5,9	g CO/km
1.A.3.b.ii.1 Camionetas	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3b	2	Gasolina - Euro 4	CO	2,0	g CO/km
1.A.3.a.i. Aviación doméstica (LTO) 1.A.3.a.ii. Aviación doméstica (Crucero)	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3a	1	Jet-A1	CO	27.210,9	KgCO/TJ
1.A.3.a.i. Aviación doméstica (LTO) 1.A.3.a.ii. Aviación doméstica (Crucero)	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3a	1	Avigas	CO	38.709,7	KgCO/TJ
1.A.3.c. Ferrocarriles	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3c	1	Diésel oil, Fuel oil	CO	10,7	kg CO/t
1.A.3.d. Navegación doméstica	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3d	1	Fuel oil	CO	3,7	kg CO/t
1.A.3.d. Navegación doméstica	EMEP/EEA, 2019	1	Diésel marino	CO	3,8	kg CO/t

Subcategoría	Fuente FE	Nivel (Tier)	Clasif.	Cont	Valor	Unidad
	Part. B Ch.1.A.3d					
1.A.3.d. Navegación doméstica	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3d	1	Gasolina	CO	573,9	kg CO/t
1.A.3.b.i Automóviles (incluye particulares, servicio público y camperos)	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3b	2	Diésel - Pre-Euro	COVDM	1,6E-01	g COVDM/km
1.A.3.b.i Automóviles (incluye particulares, servicio público y camperos)	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3b	2	Diésel - Euro 1	COVDM	4,7E-02	g COVDM/km
1.A.3.b.i Automóviles (incluye particulares, servicio público y camperos)	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3b	2	Diésel - Euro 2	COVDM	3,5E-02	g COVDM/km
1.A.3.b.i Automóviles (incluye particulares, servicio público y camperos)	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3b	2	Diésel - Euro 4	COVDM	1,4E-02	g COVDM/km
1.A.3.b.i Automóviles (incluye particulares, servicio público y camperos)	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3b	2	Gasolina - Pre-Euro	COVDM	2,8	g COVDM/km
1.A.3.b.i Automóviles (incluye particulares, servicio público y camperos)	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3b	2	Gasolina - Euro 1	COVDM	0,5	g COVDM/km
1.A.3.b.i Automóviles (incluye particulares, servicio público y camperos)	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3b	2	Gasolina - Euro 2	COVDM	2,5E-01	g COVDM/km
1.A.3.b.i Automóviles (incluye particulares, servicio público y camperos)	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3b	2	Gasolina - Euro 4	COVDM	0,7	g COVDM/km
1.A.3.b.i Automóviles (incluye particulares, servicio público y camperos)	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3b	2	Gas natural	COVDM	3,5E-02	g COVDM/km
1.A.3.a.i. Aviación doméstica (LTO) 1.A.3.a.ii. Aviación doméstica (Crucero)	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3a	1	Jet-A1	COVDM	430,8	kgCOVDM/TJ
1.A.3.a.i. Aviación doméstica (LTO) 1.A.3.a.ii. Aviación doméstica (Crucero)	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3a	1	Avigas	COVDM	612,9	kgCOVDM/TJ
1.A.3.b.v.1. Emisiones por evaporación procedentes de vehículos	EMEP/EEA, 2019 PARTE B Ch.1.A.3bvi-vii	1	Gasolina	COVDM	4,6	g/veh*d
1.A.3.b.v.1. Emisiones por evaporación procedentes de vehículos	EMEP/EEA, 2019 PARTE B Ch.1.A.3bvi-vii	1	Gasolina	COVDM	7,8	g/veh*d
1.A.3.b.v.1. Emisiones por evaporación procedentes de vehículos	EMEP/EEA, 2019 PARTE B Ch.1.A.3bvi-vii	1	Gasolina	COVDM	12,7	g/veh*d
1.A.3.c. Ferrocarriles	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3c	1	Diésel oil, Fuel oil	COVDM	4,7	kg COVDM/t
1.A.3.d. Navegación doméstica	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3d	1	Fuel oil	COVDM	1,7	kg COVDM/t
1.A.3.d. Navegación doméstica	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3d	1	Diésel marino	COVDM	1,8	kg COVDM/t
1.A.3.d. Navegación doméstica	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3d	1	Gasolina	COVDM	181,5	kg COVDM/t
1.A.3.b.i. Automóviles 1.A.3.b.iv. Motocicletas	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3b	1	Diésel oil	NH_3	6,5E-02	g NH_3/kg
1.A.3.b.i. Automóviles 1.A.3.b.iv. Motocicletas	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3b	1	Gas natural	NH_3	8,0E-02	g NH_3/kg

Subcategoría	Fuente FE	Nivel (Tier)	Clasif.	Cont	Valor	Unidad
1.A.3.b.i. Automóviles 1.A.3.b.iv. Motocicletas	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3b	1	Gasolina	NH_3	1,1	g NH_3/kg
1.A.3.b.ii. Camiones para servicio ligero 1.A.3.b.v. Otros	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3b	1	Diésel oil	NH_3	3,8E-02	g NH_3/kg
1.A.3.b.ii. Camiones para servicio ligero 1.A.3.b.v. Otros	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3b	1	Gas natural, Gasolina	NH_3	0,7	g NH_3/kg
1.A.3.b.iii. Camiones para servicio pesado y autobuses	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3b	1	Gas natural	NH_3	0,0	g NH_3/kg
1.A.3.b.iii. Camiones para servicio pesado y autobuses	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3b	1	Diésel oil	NH_3	1,3E-02	g NH_3/kg
1.A.3.b.iii. Camiones para servicio pesado y autobuses	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3b	1	Gasolina	NH_3	5,9E-02	g NH_3/kg
1.A.3.c. Ferrocarriles	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3c	1	Diésel oil, Fuel oil	NH_3	7,0E-03	kg NH3/t
1.A.3.b.i Automóviles (incluye particulares, servicio público y camperos)	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3b	2	Diésel - Pre-Euro	NO_x	0,5	g NO_x/km
1.A.3.b.i Automóviles (incluye particulares, servicio público y camperos)	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3b	2	Diésel - Euro 1	NO_x	0,7	g NO_x/km
1.A.3.b.i Automóviles (incluye particulares, servicio público y camperos)	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3b	2	Diésel - Euro 2	NO_x	0,7	g NO_x/km
1.A.3.b.i Automóviles (incluye particulares, servicio público y camperos)	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3b	2	Diésel - Euro 4	NO_x	0,6	g NO_x/km
1.A.3.b.i Automóviles (incluye particulares, servicio público y camperos)	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3b	2	Gasolina - Pre-Euro	NO_x	2,5	g NO_x/km
1.A.3.b.i Automóviles (incluye particulares, servicio público y camperos)	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3b	2	Gasolina - Euro 1	NO_x	4,9E-01	g NO_x/km
1.A.3.b.i Automóviles (incluye particulares, servicio público y camperos)	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3b	2	Gasolina - Euro 2	NO_x	2,6E-01	g NO_x/km
1.A.3.b.i Automóviles (incluye particulares, servicio público y camperos)	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3b	2	Gasolina - Euro 4	NO_x	6,1E-02	g NO_x/km
1.A.3.b.i Automóviles (incluye particulares, servicio público y camperos)	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3b	2	Gas natural	NO_x	5,6E-02	g NO_x/km
1.A.3.a.i. Aviación doméstica (LTO) 1.A.3.a.ii. Aviación doméstica (Crucero)	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3a	1	Jet-A1	NO_x	90,7	KgNO_x/TJ
1.A.3.a.i. Aviación doméstica (LTO) 1.A.3.a.ii. Aviación doméstica (Crucero)	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3a	1	Avigas	NO_x	129,0	KgNO_x/TJ
1.A.3.c. Ferrocarriles	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3c	1	Diésel oil, Fuel oil	NO_x	52,4	kg NO_x/t
1.A.3.d. Navegación doméstica	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3d	1	Gasolina	NO_x	9,4	kg NO_x/t
1.A.3.d. Navegación doméstica	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3d	1	Fuel oil	NO_x	69,1	kg NO_x/t
1.A.3.d. Navegación doméstica	EMEP/EEA, 2019	1	Diésel marino	NO_x	72,2	kg NO_x/t

Subcategoría	Fuente FE	Nivel (Tier)	Clasif.	Cont	Valor	Unidad
	Part. B Ch.1.A.3d					
1.A.3.b.i Automóviles (incluye particulares, servicio público y camperos)	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3b	2	Diésel - Pre-Euro	PM_{10}	2,2E-01	g PM_{10}/km
1.A.3.b.i Automóviles (incluye particulares, servicio público y camperos)	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3b	2	Diésel - Euro 1	PM_{10}	8,4E-02	g PM_{10}/km
1.A.3.b.i Automóviles (incluye particulares, servicio público y camperos)	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3b	2	Diésel - Euro 2	PM_{10}	5,5E-02	g PM_{10}/km
1.A.3.b.i Automóviles (incluye particulares, servicio público y camperos)	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3b	2	Diésel - Euro 4	PM_{10}	3,1E-02	g PM_{10}/km
1.A.3.b.i Automóviles (incluye particulares, servicio público y camperos)	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3b	2	Gasolina	PM_{10}	2,0E-03	g PM_{10}/km
1.A.3.b.i Automóviles (incluye particulares, servicio público y camperos)	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3b	2	Gas natural	PM_{10}	1,0E-03	g PM_{10}/km
1.A.3.a.i. Aviación doméstica (LTO) 1.A.3.a.ii. Aviación doméstica (Crucero)	Danish EPA, 2023	1	Avigas	PM_{10}	1,9	kg PM_{10}/TJ
1.A.3.a.i. Aviación doméstica (LTO) 1.A.3.a.ii. Aviación doméstica (Crucero)	Danish EPA, 2023	1	Jet-A1	PM_{10}	4,5	kg PM_{10}/TJ
1.A.3.b.v.2. Desgaste de neumáticos y frenos 1.A.3.b.v.3. Desgaste de vías	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3bvi-vii	1	Vehículos pesados y buses	PM_{10}	5,9E-02	g PM_{10}/km
1.A.3.b.v.2. Desgaste de neumáticos y frenos 1.A.3.b.v.3. Desgaste de vías	EMEP/EEA, 2019 Par. B Ch.1.A.3bvi-vii	1	Vehículos livianos	PM_{10}	2,2E-02	g PM_{10}/km
1.A.3.b.v.2. Desgaste de neumáticos y frenos 1.A.3.b.v.3. Desgaste de vías	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3bvi-vii	1	Automóviles	PM_{10}	1,4E-02	g PM_{10}/km
1.A.3.b.v.2. Desgaste de neumáticos y frenos 1.A.3.b.v.3. Desgaste de vías	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3bvi-vii	1	Motocicletas	PM_{10}	6,0E-03	g PM_{10}/km
1.A.3.c. Ferrocarriles	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3c	1	Diésel oil, Fuel oil	PM_{10}	1,4	kg PM_{10}/t
1.A.3.d. Navegación doméstica	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3d	1	Diésel marino	PM_{10}	1,1	kg PM_{10}/t
1.A.3.d. Navegación doméstica	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3d	1	Fuel oil	PM_{10}	5,2	kg PM_{10}/t
1.A.3.d. Navegación doméstica	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3d	1	Gasolina	PM_{10}	9,5	kg PM_{10}/t
1.A.3.b.i Automóviles (incluye particulares, servicio público y camperos)	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3b	2	Diésel - Pre-Euro	$PM_{2.5}$	2,2E-01	g $PM_{2.5}$/km
1.A.3.b.i Automóviles (incluye particulares, servicio público y camperos)	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3b	2	Diésel - Euro 1	$PM_{2.5}$	8,4E-02	g $PM_{2.5}$/km
1.A.3.b.i Automóviles (incluye particulares, servicio público y camperos)	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3b	2	Diésel - Euro 2	$PM_{2.5}$	5,5E-02	g $PM_{2.5}$/km

Subcategoría	Fuente FE	Nivel (Tier)	Clasif.	Cont	Valor	Unidad
1.A.3.b.i Automóviles (incluye particulares, servicio público y camperos)	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3b	2	Diésel - Euro 4	$PM_{2.5}$	3,1E-02	g $PM_{2.5}$/km
1.A.3.b.i Automóviles (incluye particulares, servicio público y camperos)	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3b	2	Gasolina	$PM_{2.5}$	2,0E-03	g $PM_{2.5}$/km
1.A.3.b.i Automóviles (incluye particulares, servicio público y camperos)	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3b	2	Gas natural	$PM_{2.5}$	1,0E-03	g $PM_{2.5}$/km
1.A.3.a.i. Aviación doméstica (LTO) 1.A.3.a.ii. Aviación doméstica (Crucero)	Danish EPA, 2023	1	Avigas	$PM_{2.5}$	1,9	kg $PM_{2.5}$/TJ
1.A.3.a.i. Aviación doméstica (LTO) 1.A.3.a.ii. Aviación doméstica (Crucero)	Danish EPA, 2023	1	Jet-A1	$PM_{2.5}$	4,5	kg $PM_{2.5}$/TJ
1.A.3.b.v.2. Desgaste de neumáticos y frenos 1.A.3.b.v.3. Desgaste de vías	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3bvi-vii	1	Vehículos pesados y buses	$PM_{2.5}$	3,2E-02	g $PM_{2.5}$/km
1.A.3.b.v.2. Desgaste de neumáticos y frenos 1.A.3.b.v.3. Desgaste de vías	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3bvi-vii	1	Vehículos livianos	$PM_{2.5}$	1,2E-02	g $PM_{2.5}$/km
1.A.3.b.v.2. Desgaste de neumáticos y frenos 1.A.3.b.v.3. Desgaste de vías	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3bvi-vii	1	Automóviles	$PM_{2.5}$	7,0E-03	g $PM_{2.5}$/km
1.A.3.b.v.2. Desgaste de neumáticos y frenos 1.A.3.b.v.3. Desgaste de vías	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3bvi-vii	1	Motocicletas	$PM_{2.5}$	3,0E-03	g $PM_{2.5}$/km
1.A.3.c. Ferrocarriles	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3c	1	Diésel oil, Fuel oil	$PM_{2.5}$	1,4	kg $PM_{2.5}$/t
1.A.3.d. Navegación doméstica	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3d	1	Diésel marino	$PM_{2.5}$	1,1	kg $PM_{2.5}$/t
1.A.3.d. Navegación doméstica	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3d	1	Fuel oil	$PM_{2.5}$	5,2	kg $PM_{2.5}$/t
1.A.3.d. Navegación doméstica	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3d	1	Gasolina	$PM_{2.5}$	9,5	kg $PM_{2.5}$/t
1.A.3.b. Transporte terrestre	UPME, 2016 Part. B Ch.1.A.3b	2	Biodiésel	SO_2	2,4	kg SO_2/TJ
1.A.3.b. Transporte terrestre 1.A.3.c. Ferrocarriles	UPME, 2016	2	Diésel oil	SO_2	3,0	kg SO_2/TJ
1.A.3.b. Transporte terrestre	UPME, 2016	1	Gasolina	SO_2	3,6	kg SO_2/TJ
1.A.3.b. Transporte terrestre	UPME, 2016	1	Alcohol	SO_2	4,1	kg SO_2/TJ
1.A.3.c. Ferrocarriles	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3c	1	Fuel oil	SO_2	49,5	kg SO_2/TJ
1.A.3.c. Ferrocarriles	UPME, 2016	1	Carbón mineral	SO_2	3.101,8	kg SO_2/TJ
1.A.3.d. Navegación doméstica	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3d	1	Diésel marino	SO_2	1,8	kg SO_2/t
1.A.3.d. Navegación doméstica	EMEP/EEA, 2019	1	Fuel oil	SO_2	19,2	kg SO_2/t

Subcategoría	Fuente FE	Nivel (Tier)	Clasif.	Cont	Valor	Unidad
	Part. B Ch.1.A.3d					
1.A.3.a.i. Aviación doméstica (LTO) 1.A.3.a.ii. Aviación doméstica (Crucero)	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3a	1	Jet-A1	SO_x	22,7	kg SO_x/TJ
1.A.3.a.i. Aviación doméstica (LTO) 1.A.3.a.ii. Aviación doméstica (Crucero)	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3a	1	Avigas	SO_x	32,3	kg SO_x/TJ
1.A.3.d. Navegación doméstica	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.1.A.3d	1	Gasolina	SO_x	20,0	kg SO_2/t

Nota: Cont: Contaminante. Clasif: Clasificación según combustible fósil o biocombustible.

Fuente: Elaboración a partir de Danish EPA (2023), EMEP/EEA (2019), IPCC (2006), RUNT – Mintransporte, UPME (2016), UPME, SIPG.

3.2.8.3 Descripción de flexibilidad aplicada en la subcategoría

No se aplicó ninguna flexibilidad.

3.2.8.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la subcategoría

En la Tabla 3-44 se presentan los resultados de incertidumbre para la subcategoría 1.A.3. Transporte durante el periodo 1990-2024. La incertidumbre promedio histórica fue de ±8,05 %. En 1990, la incertidumbre fue de ±13,44 %, mientras que en 2024 alcanzó ±2,89 %, lo que representa una reducción relativa del 78,49 %, equivalente a 10,55 puntos porcentuales.

Tabla 3-44. Resultados de incertidumbre (%) por propagación del error para 1.A.3. Transporte

Subcategoría	Cont	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
1.A.3. Transporte	Todos	13,4	13,0	12,2	11,1	2,5	2,5	2,0	2,1	2,4	2,7	2,9
1.A.3. Transporte	CH4	36,5	36,7	35,8	29,6	29,5	30,3	22,4	22,9	21,0	21,0	20,6
1.A.3. Transporte	CO2	13,7	13,3	12,4	11,4	2,6	2,6	2,1	2,1	2,4	2,8	2,9
1.A.3. Transporte	N2O	31,3	31,1	29,1	23,7	20,3	20,1	17,1	16,6	17,0	17,1	17,1
1.A.3.a. Aviación nacional	Todos	19,9	20,8	19,8	19,6	10,2	10,4	10,8	10,5	14,4	32,9	33,0
1.A.3.a. Aviación nacional	CH4	57,6	48,0	47,8	48,4	48,7	50,2	50,4	50,8	56,4	44,2	44,2
1.A.3.a. Aviación nacional	CO2	20,0	20,9	19,9	19,7	10,2	10,5	10,8	10,5	14,4	33,0	33,1
1.A.3.a. Aviación nacional	N2O	49,2	45,8	44,8	45,6	45,0	36,0	38,0	36,8	54,6	41,9	42,0
1.A.3.b. Transporte por carretera	Todos	15,0	14,8	14,0	13,0	2,6	2,6	2,2	2,1	2,2	2,2	2,2
1.A.3.b. Transporte por carretera	CH4	37,1	37,6	36,8	30,7	30,1	31,2	22,7	23,2	22,0	21,9	21,5
1.A.3.b. Transporte por carretera	CO2	15,3	15,1	14,3	13,2	2,7	2,6	2,2	2,2	2,3	2,3	2,3
1.A.3.b. Transporte por carretera	N2O	33,2	33,0	31,3	25,6	21,4	21,3	17,6	17,2	17,6	17,5	17,5
1.A.3.c. Ferrocarriles	Todos	40,9	37,9	38,6	42,7	42,7	42,7	42,7	42,7	42,7	42,7	42,7
1.A.3.c. Ferrocarriles	CH4	65,8	60,1	61,1	66,7	66,7	66,7	66,7	66,7	66,7	66,7	66,7
1.A.3.c. Ferrocarriles	CO2	44,4	40,7	41,5	46,5	46,5	46,5	46,5	46,5	46,5	46,5	46,5
1.A.3.c. Ferrocarriles	N2O	61,2	61,2	61,2	61,4	61,4	61,4	61,4	61,4	61,4	61,4	61,4
1.A.3.d. Navegación marítima y fluvial nacional	Todos	25,9	26,0	27,6	31,3	10,2	8,7	10,8	11,0	11,2	11,2	11,2
1.A.3.d. Navegación marítima y fluvial nacional	CH4	46,5	48,6	54,3	63,0	53,8	39,8	57,7	58,4	59,9	59,6	59,5
1.A.3.d. Navegación marítima y fluvial nacional	CO2	26,2	26,2	27,9	31,6	10,3	8,8	10,9	11,1	11,3	11,3	11,3
1.A.3.d. Navegación marítima y fluvial nacional	N2O	47,8	49,5	54,7	63,1	54,0	41,2	57,8	58,5	59,9	59,7	59,6
1.A.3.e. Otro transporte	Todos	29,4	29,4	26,5	27,1	3,9	3,0	2,8	2,8	3,1	3,1	3,1
1.A.3.e. Otro transporte	CH4	52,1	52,0	47,7	48,5	44,5	39,3	34,2	34,0	75,4	75,3	75,2
1.A.3.e. Otro transporte	CO2	29,5	29,4	26,5	27,2	3,9	3,0	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8
1.A.3.e. Otro transporte	N2O	46,6	46,6	45,0	45,1	42,4	43,7	36,3	35,5	83,3	83,2	82,6

La incertidumbre presentó una reducción gradual entre 1990 y 2009, seguida de una disminución considerable en 2010, cuando pasó de ±11,14 % a ±2,55 %. Desde entonces se mantuvo alrededor del 2 % y alcanzó su valor mínimo en 2020, con ±2,04 %. Entre 2021 y 2024 se observa un incremento moderado, al pasar de ±2,06 % a ±2,89 %, aunque el valor del último año continúa siendo considerablemente inferior al registrado al inicio de la serie.

Por tipo de GEI, el CO_2, el CH_4 y el N_2O presentaron incertidumbres promedio históricas de ±8,20 %, ±30,70 % y ±24,10 %, respectivamente. La incertidumbre del CO_2 disminuyó de ±13,72 % en 1990 a ±2,93 % en 2024, equivalente a una reducción del 78,66 %. Por su parte, el CH_4 disminuyó de ±36,51 % a ±20,59 %, mientras que el N_2O pasó de ±31,27 % a ±17,09 %, con reducciones relativas del 43,61 % y 45,34 %, respectivamente. La similitud entre la incertidumbre del CO_2 y la incertidumbre agregada de 1.A.3 refleja la influencia predominante de este gas en las emisiones del transporte.

En 2024, la categoría con mayor incertidumbre fue 1.A.3.c. Ferrocarriles, con ±42,73 %, seguida de 1.A.3.a. Aviación nacional, con ±32,96 %, y 1.A.3.d. Navegación marítima y fluvial nacional, con ±11,17 %. Las incertidumbres más bajas correspondieron a 1.A.3.e. Otro transporte, con ±3,09 %, y 1.A.3.b. Transporte por carretera, con ±2,24 %.

Entre 1990 y 2024, las mayores reducciones relativas se presentaron en otro transporte, con 89,49 %, y transporte por carretera, con 84,99 %. La navegación marítima y fluvial nacional también presentó una reducción del 56,96 %. En contraste, la incertidumbre de ferrocarriles aumentó un 4,40 %, mientras que la de aviación nacional aumentó un 65,68 %, principalmente por el incremento registrado en 2023 y 2024. A pesar de los elevados valores de algunas categorías y de las incertidumbres asociadas al CH_4 y al N_2O, la incertidumbre agregada del

transporte permanece cercana al 3 %, debido al peso predominante del CO_2 y del transporte por carretera en las emisiones de 1.A.3.

3.2.8.5 AC/CC de la subcategoría

Además de las actividades transversales de aseguramiento y control de calidad aplicadas al inventario nacional, para la subcategoría 1.A.3 Transporte se implementaron los siguientes procedimientos de control de calidad:

- Se verificó la integridad y consistencia de las bases de datos B0, B2, F2 y SectorCal correspondientes a la subcategoría 1.A.3, garantizando que los datos de actividad, los factores de emisión y los demás parámetros utilizados en la estimación se ajustaran a la estructura estandarizada del inventario y estuvieran debidamente documentados.
- Se compararon las emisiones estimadas para la subcategoría con las reportadas en ciclos anteriores del inventario, revisando la coherencia de la serie temporal e identificando variaciones asociadas a actualizaciones metodológicas, incorporación de nueva información o cambios en los datos de actividad y factores de emisión.
- Se verificó la representatividad de los factores de emisión empleados para la subcategoría, comparándolos, cuando fue pertinente, con los valores por defecto de las Directrices del IPCC de 2006 y sustentando el uso de factores nacionales cuando estos estuvieron disponibles.
- Los resultados obtenidos para la subcategoría fueron revisados conjuntamente con los referentes técnicos sectoriales, en el marco de las mesas de trabajo desarrolladas con el Ministerio de Minas y Energía, el Ministerio de Transporte y demás actores relacionados con el sector transporte, con el fin de validar la consistencia técnica de las estimaciones.
- Los resultados fueron presentados en espacios de socialización y discusión técnica con las entidades participantes, permitiendo recopilar observaciones y fortalecer el proceso de mejora continua del inventario.

3.2.8.6 Nuevos cálculos de la subcategoría

Los recálculos realizados en la categoría 1.A.3. Transporte no obedecen a cambios en las ecuaciones de cálculo de emisiones, sino principalmente a la actualización de las fuentes de información y al refinamiento en el procesamiento de los datos de actividad. Para mayor información, véase la sección 3.2.8.2.1.

En **1.A.3.a. Aviación doméstica**, los recálculos son menores y responden a la actualización del BECO como base energética del cálculo, así como a la reconstrucción del número de ciclos LTO para el periodo 1990–2003 mediante modelos de retroproyección basados en información de Aerocivil.

En **1.A.3.b. Transporte terrestre**, las diferencias frente al BTR1 se explican principalmente por mejoras en el procesamiento de la información utilizada para distribuir el consumo total de combustibles del transporte carretero entre categorías vehiculares. En el BTR2 se refinaron los procedimientos de categorización del parque automotor, el tratamiento de los combustibles y la asignación de consumos por tipo de vehículo, a partir de información del BECO, RUNT, Mintransporte y Naturgas. Asimismo, se mejoró la aplicación de las mezclas de biocombustibles, lo que incidió especialmente en los años posteriores a la introducción de dichas mezclas.

En **1.A.3.c. Ferrocarriles**, las diferencias son marginales y obedecen a la actualización de la información de consumo de combustibles del BECO y a la reconstrucción de la serie para el periodo 2006–2024 mediante técnicas de empalme asociadas a la carga nacional transportada.

En **1.A.3.d. Navegación doméstica**, los recálculos se explican por la actualización de la serie del BECO y por el tratamiento diferenciado de la información antes y después de 2006. Para el periodo 1990–2005, los consumos se mantienen agregados para actividades fluviales y marítimas, mientras que a partir de 2006 se dispone de información desagregada para transporte fluvial y marítimo.

En **1.A.3.e. Otro transporte**, las diferencias responden principalmente a la actualización y reconstrucción de los datos de actividad asociados al transporte por tubería. Para el periodo 1990–2009 se aplicaron técnicas de empalme con variables sustitutas asociadas al transporte de petróleo por gasoducto y oleoducto, mientras que para los años recientes se incorporaron fuentes actualizadas del BECO y del MRVme. Adicionalmente, en el presente ciclo de reporte, y en atención a las observaciones formuladas por el Equipo de Revisión Técnica de Expertos (TERT), la subcategoría 1.A.3.e.ii Todo terreno dejó de estimarse dentro de 1.A.3.e Otro transporte, debido a que estas emisiones corresponden conceptualmente a maquinaria utilizada en actividades industriales. En consecuencia, dichas emisiones se estiman y reportan ahora en la subcategoría 1.A.2.g.vii. Vehículos todoterreno y otra maquinaria.

Tabla 3-45. Transporte: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2) (kt CO_2 eq)

Subcategoría	Reporte	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021
1.A.3.a. Aviación domestica	BTR1	1.318,4	2.067,8	1.929,0	2.126,6	2.778,9	3.715,3	1.859,8	3.065,4
1.A.3.a. Aviación domestica	BTR2	1.323,7	2.068,7	1.925,3	2.122,1	2.772,2	3.707,1	1.856,9	3.058,9
1.A.3.a. Aviación domestica	Diferencia	5,4	0,8	-3,7	-4,4	-6,7	-8,2	-2,9	-6,4
1.A.3.a. Aviación domestica	Diferencia (%)	0,4 %	0,0 %	-0,2 %	-0,2 %	-0,2 %	-0,2 %	-0,2 %	-0,2 %
1.A.3.a. Aviación domestica	Efecto en total de subcategoría 1.A.3 (%)	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
1.A.3.a. Aviación domestica	Efecto en total neto de categoría 1.A.3 (%)	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
1.A.3.b. Transporte terrestre	BTR1	17.680,1	21.507,2	19.242,8	20.214,8	22.151,1	28.012,3	26.840,2	35.440,1
1.A.3.b. Transporte terrestre	BTR2	17.481,9	21.173,8	18.698,7	18.463,3	20.831,6	23.754,5	22.568,3	29.186,1
1.A.3.b. Transporte terrestre	Diferencia	-198,3	-333,3	-544,1	-1.751,4	-1.319,6	-4.257,8	-4.272,0	-6.254,0
1.A.3.b. Transporte terrestre	Diferencia (%)	-1,1 %	-1,5 %	-2,8 %	-8,7 %	-6,0 %	-15,2 %	-15,9 %	-17,6 %
1.A.3.b. Transporte terrestre	Efecto en total de subcategoría 1.A.3 (%)	-1,0 %	-1,4 %	-2,4 %	-7,1 %	-4,8 %	-11,7 %	-13,1 %	-14,8 %
1.A.3.b. Transporte terrestre	Efecto en total neto de categoría 1.A.3 (%)	-1,0 %	-1,4 %	-2,4 %	-7,1 %	-4,8 %	-11,7 %	-13,1 %	-14,8 %
1.A.3.c. Ferrocarriles	BTR1	75,8	52,3	64,9	92,8	126,4	90,4	67,1	60,0
1.A.3.c. Ferrocarriles	BTR2	76,1	53,3	66,0	93,4	127,2	90,9	67,7	60,4
1.A.3.c. Ferrocarriles	Diferencia	0,3	1,0	1,1	0,5	0,7	0,5	0,6	0,4
1.A.3.c. Ferrocarriles	Diferencia (%)	0,4 %	1,9 %	1,6 %	0,6 %	0,6 %	0,6 %	0,8 %	0,7 %
1.A.3.c. Ferrocarriles	Efecto en total de subcategoría 1.A.3 (%)	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %

Subcategoría	Reporte	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021
1.A.3.c. Ferrocarriles	Efecto en total neto de categoría 1.A.3 (%)	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
1.A.3.d. Navegación doméstica	BTR1	488,5	721,6	801,8	1.221,3	68,9	402,1	261,8	301,8
1.A.3.d. Navegación doméstica	BTR2	486,3	718,3	787,5	1.096,4	68,5	400,7	155,2	218,4
1.A.3.d. Navegación doméstica	Diferencia	- 2,2	- 3,4	- 14,3	- 124,9	- 0,4	- 1,4	- 106,6	- 83,4
1.A.3.d. Navegación doméstica	Diferencia (%)	-0,4 %	-0,5 %	-1,8 %	-10,2 %	-0,6 %	-0,4 %	-40,7 %	-27,6 %
1.A.3.d. Navegación doméstica	Efecto en total de subcategoría 1.A.3 (%)	0,0 %	0,0 %	-0,1 %	-0,5 %	0,0 %	0,0 %	-0,3 %	-0,2 %
1.A.3.d. Navegación doméstica	Efecto en total neto de categoría 1.A.3 (%)	0,0 %	0,0 %	-0,1 %	-0,5 %	0,0 %	0,0 %	-0,3 %	-0,2 %
1.A.3.e. Otro transporte	BTR1	210,5	331,5	533,5	964,0	2.211,0	4.023,1	3.621,1	3.303,4
1.A.3.e. Otro transporte	BTR2	210,1	227,6	383,1	407,7	538,3	988,7	1.136,7	1.022,1
1.A.3.e. Otro transporte	Diferencia	- 0,4	- 103,9	- 150,4	- 556,3	- 1.672,7	- 3.034,4	- 2.484,4	- 2.281,3
1.A.3.e. Otro transporte	Diferencia (%)	-0,2 %	-31,3 %	-28,2 %	-57,7 %	-75,7 %	-75,4 %	-68,6 %	-69,1 %
1.A.3.e. Otro transporte	Efecto en total de subcategoría 1.A.3 (%)	0,0 %	-0,4 %	-0,7 %	-2,3 %	-6,1 %	-8,4 %	-7,6 %	-5,4 %
1.A.3.e. Otro transporte	Efecto en total neto de categoría 1.A.3 (%)	0,0 %	-0,4 %	-0,7 %	-2,3 %	-6,1 %	-8,4 %	-7,6 %	-5,4 %
1.A.3. Transporte	**BTR1**	**19.773,2**	**24.680,5**	**22.572,0**	**24.619,4**	**27.336,3**	**36.243,2**	**32.650,1**	**42.170,6**
1.A.3. Transporte	**BTR2**	**19.578,1**	**24.241,7**	**21.860,5**	**22.183,0**	**24.337,7**	**28.941,9**	**25.784,8**	**33.545,9**
1.A.3. Transporte	**Diferencia**	**- 195,1**	**- 438,8**	**- 711,5**	**- 2.436,5**	**- 2.998,6**	**- 7.301,3**	**- 6.865,3**	**-8.624,6**
1.A.3. Transporte	**Diferencia (%)**	**-1,0 %**	**-1,8 %**	**-3,2 %**	**-9,9 %**	**-11,0 %**	**-20,1 %**	**-21,0 %**	**-20,5 %**
1.A.3. Transporte	**Efecto en total de categoría 1.A. (%)**	**-0,4 %**	**-0,8 %**	**-1,3 %**	**-4,1 %**	**-4,2 %**	**-8,8 %**	**-8,9 %**	**-10,2 %**

Subcategoría	Reporte	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021
1.A.3. Transporte	Efecto en total neto de categoría (%)	-0,4 %	-0,8 %	-1,3 %	-4,1 %	-4,2 %	-8,8 %	-8,9 %	-10,2 %
1.A. Actividades de quema de combustibles	BTR1	46.329,1	54.645,9	56.458,4	59.092,4	71.674,9	83.252,3	77.402,1	84.339,2
1.A. Actividades de quema de combustibles	BTR2	45.027,6	54.303,1	56.065,9	56.267,5	72.073,6	80.257,9	76.803,3	82.665,8
1.A. Actividades de quema de combustibles	Diferencia	- 1.301,4	- 342,8	- 392,5	- 2.824,9	398,8	- 2.994,4	- 598,8	- 1.673,4
1.A. Actividades de quema de combustibles	Diferencia (%)	-2,8 %	-0,6 %	-0,7 %	-4,8 %	0,6 %	-3,6 %	-0,8 %	-2,0 %
1.A. Actividades de quema de combustibles	Efecto en total de sector (%)	-2,6 %	-0,6 %	-0,6 %	-4,4 %	0,5 %	-3,2 %	-0,7 %	-1,8 %
1.A. Actividades de quema de combustibles	Efecto en total neto de sector (%)	-2,6 %	-0,6 %	-0,6 %	-4,4 %	0,5 %	-3,2 %	-0,7 %	-1,8 %
1. Energía	BTR1	50.237,0	59.374,7	61.711,1	64.294,8	79.808,4	93.066,8	84.988,7	91.610,6
1. Energía	BTR2	51.104,3	61.832,3	64.714,9	64.338,8	83.872,1	93.474,7	86.999,9	92.956,9
1. Energía	Diferencia	867,3	2.457,6	3.003,8	44,0	4.063,7	407,9	2.011,2	1.346,4
1. Energía	Diferencia (%)	1,7 %	4,1 %	4,9 %	0,1 %	5,1 %	0,4 %	2,4 %	1,5 %

Fuente: Elaboración propia

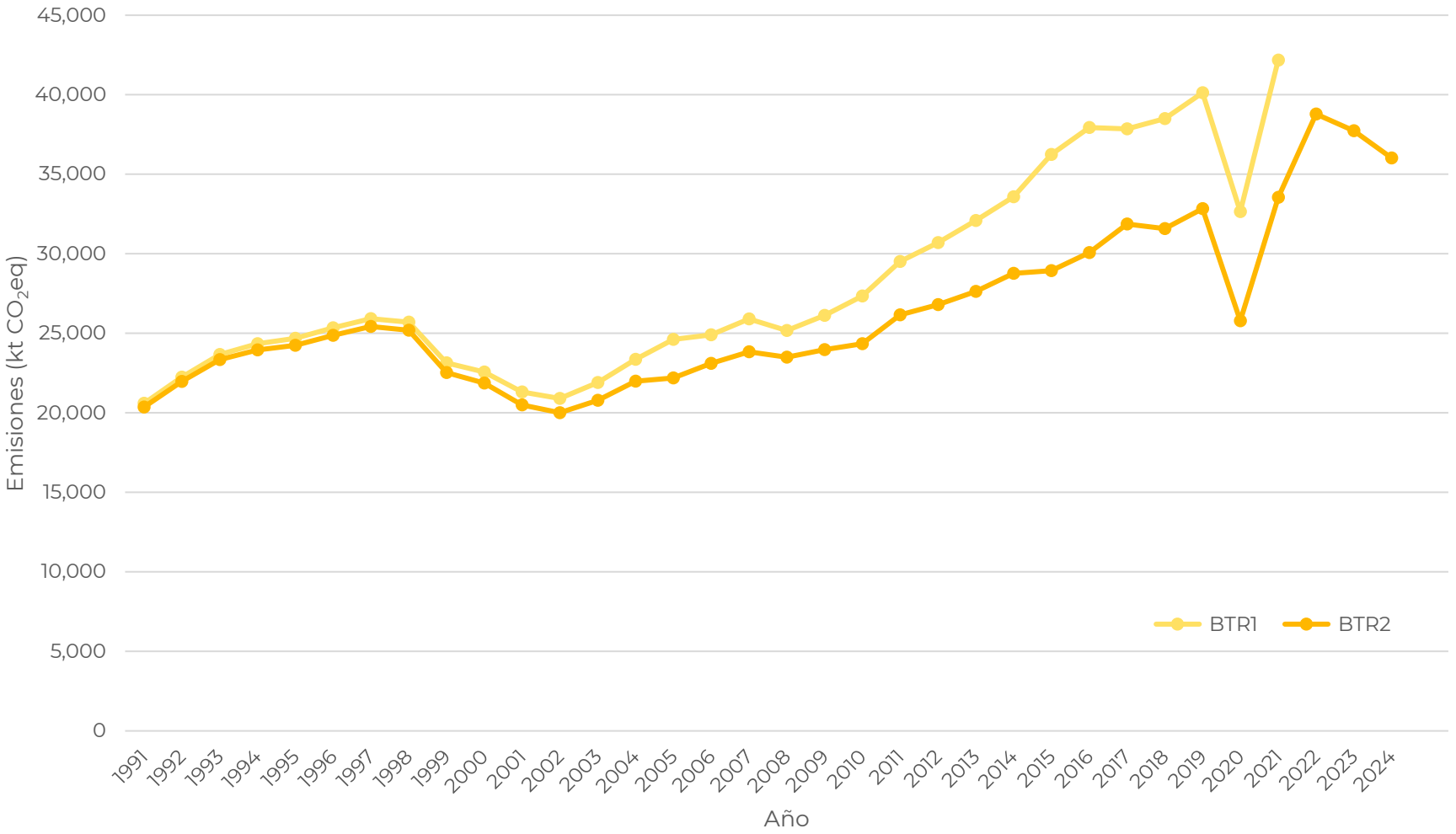


Figura 3-37. Transporte: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2), 1990-2024

Fuente: Elaboración propia

3.2.8.7 Mejoras planeadas de la subcategoría

Las mejoras planeadas para la presente subcategoría se orientan a fortalecer la calidad, representatividad, consistencia temporal y trazabilidad de en la estimación de emisiones. Estas actividades priorizadas responden a las oportunidades de mejora identificadas a partir de los procesos de control de calidad (QA/QC), análisis de incertidumbre y revisión de la disponibilidad de información sectorial, así como a las recomendaciones formuladas procesos de examen por pares u otros procesos de revisión o análisis previos. Su implementación se desarrollará en articulación con las entidades competentes, con el fin de avanzar hacia el uso de información más precisa, reduciendo la dependencia de supuestos y variables proxy, y asegurando la coherencia con las Directrices del IPCC. Las actividades específicas priorizadas para esta subcategoría se presentan en la Tabla 3-46, en la cual se detallan las oportunidades de mejora, los periodos de implementación, los actores responsables y la priorización correspondiente.

Tabla 3-46. Transporte. Plan de mejora

Subcategoría	Actividad propuesta de mejora	Periodo	Actores	Priorización
1.A.3. Transporte	Evaluar, en articulación con las entidades sectoriales competentes, el posible uso de biocombustibles en las diferentes categorías y subcategorías del sector Energía, con el fin de verificar su relevancia, correcta asignación sectorial y la completitud de la cobertura del inventario. Este ejercicio permitirá identificar y documentar, cuando aplique, el uso de combustibles mezclados o sustitutos, evitando omisiones o dobles contabilizaciones en la estimación de emisiones, en coherencia con las Directrices del IPCC.	1990-2024	Ideam	BTR4 - 2030
1.A.3.a. Aviación domestica	Refinar la estimación de emisiones de la fase de crucero mediante la validación de los consumos de combustible y la incorporación de información sobre desempeño operativo de aeronaves y distancias recorridas, fortaleciendo la consistencia entre las fases LTO y crucero y reduciendo la incertidumbre asociada.	1990-2024	Aerocivil y Mintransporte	BTR4 - 2030
1.A.3.b Transporte terrestre	Fortalecer la disponibilidad, actualización y desagregación de información sobre recorridos y rendimientos por categoría vehicular, así como mejorar las herramientas de estimación utilizadas, con el fin de incrementar la precisión y representatividad de las estimaciones de emisiones del transporte terrestre.	1990-2024	Mintransporte	BTR3 - 2028
1.A.3.b Transporte terrestre	En articulación con las entidades competentes, consolidar una base de datos nacional de vehículos con información actualizada, estructurada y consistente, alineada con los requerimientos técnicos del SINGEI, que permita mejorar la trazabilidad, segmentación y consistencia de los datos de actividad.	2021-2024	RUNT, Mintransporte	BTR3 - 2028
1.A.3.b Transporte terrestre	En articulación con las entidades competentes, fomentar el fortalecimiento, disponibilidad, cobertura y resolución espacial de la información sobre circulación vehicular a nivel subnacional, con el fin de mejorar la desagregación geográfica y la representatividad territorial de las estimaciones de emisiones.	1990-2024	RUNT, Mintransporte	BTR5 - 2032
1.A.3.b Transporte terrestre	En articulación con las entidades competentes, revisar y actualizar el factor de ajuste nacional utilizado para motocicletas, con el fin de mejorar la representatividad del consumo de combustible y reducir la	1990-2024	Mintransporte	BTR3 - 2028

Subcategoría	Actividad propuesta de mejora	Periodo	Actores	Priorización
	incertidumbre en las estimaciones de emisiones asociadas.			
1.A.3.c. Ferrocarriles	En articulación con las entidades competentes, fortalecer la disponibilidad y representatividad de los datos de actividad asociados al consumo de combustibles en el transporte ferroviario, mediante la consolidación de información sectorial específica, reduciendo la dependencia de variables proxy y mejorando la precisión de las estimaciones.	2006-2024	Mintransporte, UPME	BTR3 - 2028
1.A.3.d. Navegación doméstica	En articulación con las entidades competentes, mejorar la calidad y representatividad de los datos de actividad del consumo de combustibles en navegación doméstica, fortaleciendo la diferenciación conceptual y metodológica entre navegación doméstica e internacional, en coherencia con IPCC.	1990-2024	Mintransporte, UPME	BTR3 - 2028
1.A.3.d. Navegación doméstica	En articulación con las entidades competentes, fortalecer la disponibilidad y desagregación territorial de la información portuaria y de consumo de combustibles, con el fin de mejorar la representatividad subnacional de las estimaciones de emisiones del sector.	1990-2024	Mintransporte, UPME	BTR4 - 2030
1.A.3.e.i. Transporte por tubería	Fortalecer la consistencia, comparabilidad y trazabilidad de los datos de consumo de combustibles mediante la armonización entre BECO y MRV, asegurando coherencia metodológica en las series temporales.	1990-2024	Minenergía y UPME	BTR3 - 2028

Fuente: Elaboración propia

3.2.9 Otros sectores (CRT 1.A.4)

3.2.9.1 Descripción y tendencia de la subcategoría

De acuerdo con las Directrices del IPCC (Gómez et al., 2006b), esta categoría incluye principalmente fuentes de combustión estacionaria utilizadas para calefacción, cocción, generación de calor y otras actividades productivas, así como una subcategoría móvil asociada al uso de vehículos todoterreno y maquinaria en actividades agropecuarias. En el caso de Colombia, las emisiones correspondientes a la subcategoría 1.A.4.c.iii Pesca se estiman de manera conjunta con la subcategoría 1.A.4.c.i Estacionaria, debido a que la información disponible no permite desagregar estas actividades de forma independiente.

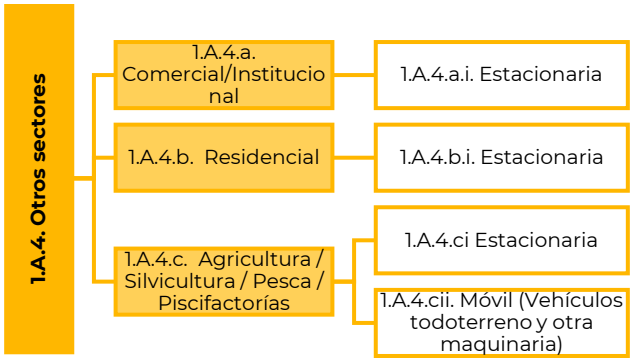


Figura 3-38. Otros sectores: Subcategorías estimadas en Otros sectores (1.A.4).

En 2024, las emisiones de esta categoría alcanzaron 10.712,7 kt CO_2eq, lo que representa un incremento de 81,3 % respecto a 1990 (5.909,3 kt CO_2eq). A lo largo de la serie temporal se observa una tendencia creciente relativamente estable, con aumentos más marcados a partir de 2018 y una aceleración entre 2019 y 2021. Entre 2023 y 2024 las emisiones aumentaron 1,9 %, pasando de 10.512,6 a 10.712,7 kt CO_2eq. La estructura interna de la categoría se encuentra dominada por el subsector residencial, que en 2024 aportó 6.390,9 kt CO_2eq (59,7 %) del total, seguido por agricultura, silvicultura y pesca con 2.975,1 kt CO_2eq (27,8 %) y comercial/institucional con 1.346,7 kt CO_2eq (12,6 %).

Tabla 3-47. Otros sectores: Emisiones totales de GEI por fuente (kt CO_2eq)

Fuente	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
1.A.4.a. Comercial/institucional	226,2	411,6	539,4	554,4	952,9	1.209,8	1.021,2	1.146,1	1.325,2	1.443,2	1.346,7
1.A.4.a.i. Estacionaria	226,2	411,6	539,4	554,4	952,9	1.209,8	1.021,2	1.146,1	1.325,2	1.443,2	1.346,7
1.A.4.b. Residencial	4.253,0	4.276,5	5.056,2	5.279,0	5.421,3	5.342,9	6.359,9	6.387,9	6.428,5	6.299,2	6.390,9
1.A.4.b.i. Estacionaria	4.253,0	4.276,5	5.056,2	5.279,0	5.421,3	5.342,9	6.359,9	6.387,9	6.428,5	6.299,2	6.390,9
1.A.4.c. Agricultura/silvicultura/pesca	1.430,2	1.663,8	1.642,5	1.751,8	1.821,2	2.215,3	2.595,1	2.719,7	2.723,8	2.770,2	2.975,1
1.A.4.c.i. Estacionario	1.404,2	1.627,4	1.592,9	1.685,6	1.728,7	2.029,0	2.301,5	2.402,6	2.386,6	2.430,8	2.621,5
1.A.4.c.ii. Móviles	26,0	36,4	49,5	66,2	92,5	186,3	293,6	317,1	337,2	339,3	353,6
1.A.4. Otros sectores	**5.909,3**	**6.351,8**	**7.238,1**	**7.585,2**	**8.195,4**	**8.768,0**	**9.976,2**	**10.253,7**	**10.477,5**	**10.512,6**	**10.712,7**

Fuente: Elaboración propia

Por tipo de gas, las emisiones estuvieron dominadas por el CO_2, que aportó 9.263,6 kt CO_2 eq (86,5 %) en 2024, mientras que el CH_4 contribuyó con 1.265,0 kt CO_2 eq (11,8 %) y el N_2O con 184,2 kt CO_2 eq (1,7 %). Durante el período analizado, el crecimiento de la categoría estuvo impulsado principalmente por el aumento de las emisiones de CO_2, que pasaron de 4.226,1 kt CO_2 eq en 1990 a 9.263,6 kt CO_2 eq en 2024, mientras que las contribuciones de CH_4 y N_2O se mantuvieron relativamente estables o mostraron ligeras reducciones.

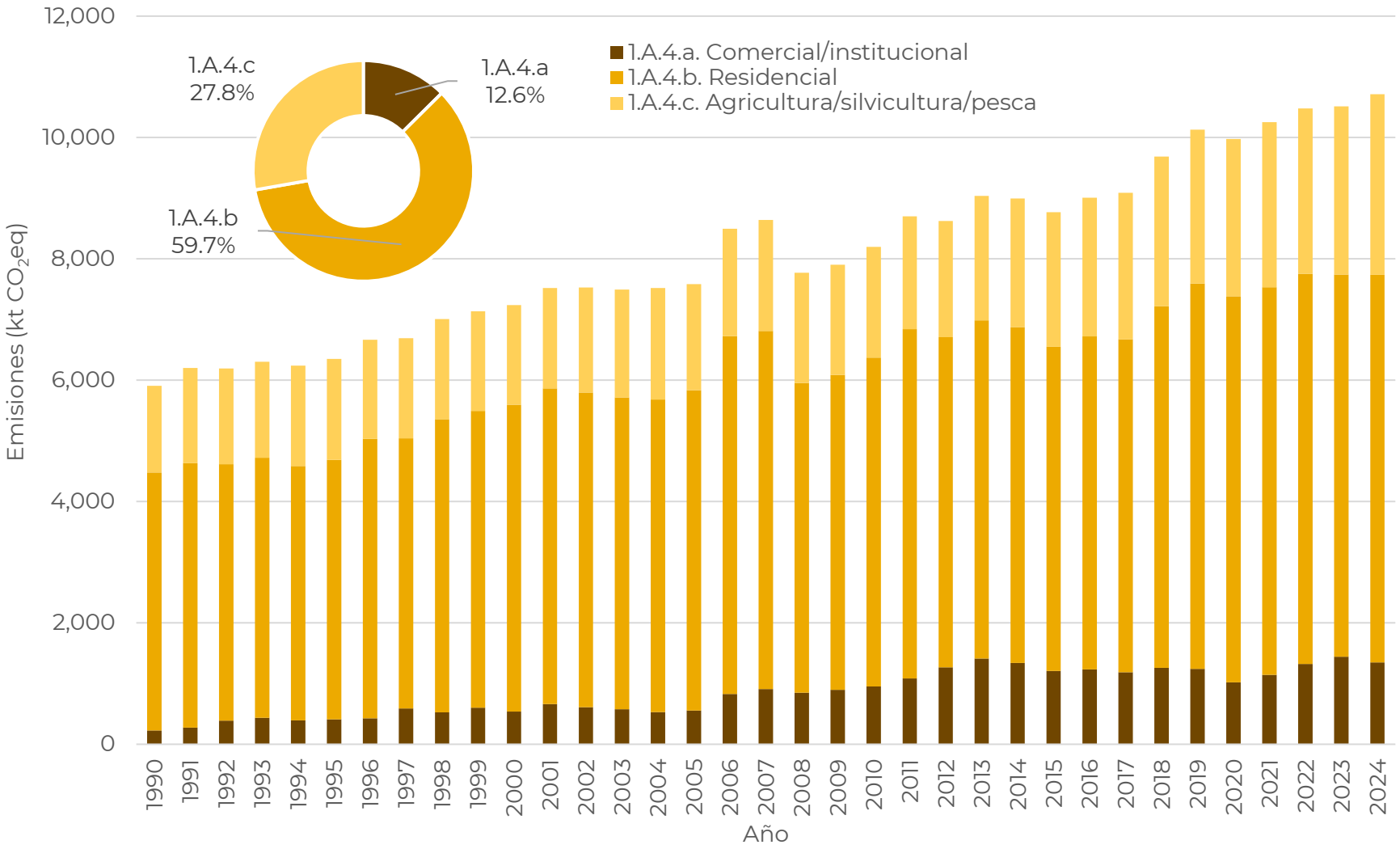


Figura 3-39. Otros sectores: Emisiones de GEI por fuente (kt CO_2eq), 1990-2024.

Fuente: Elaboración propia

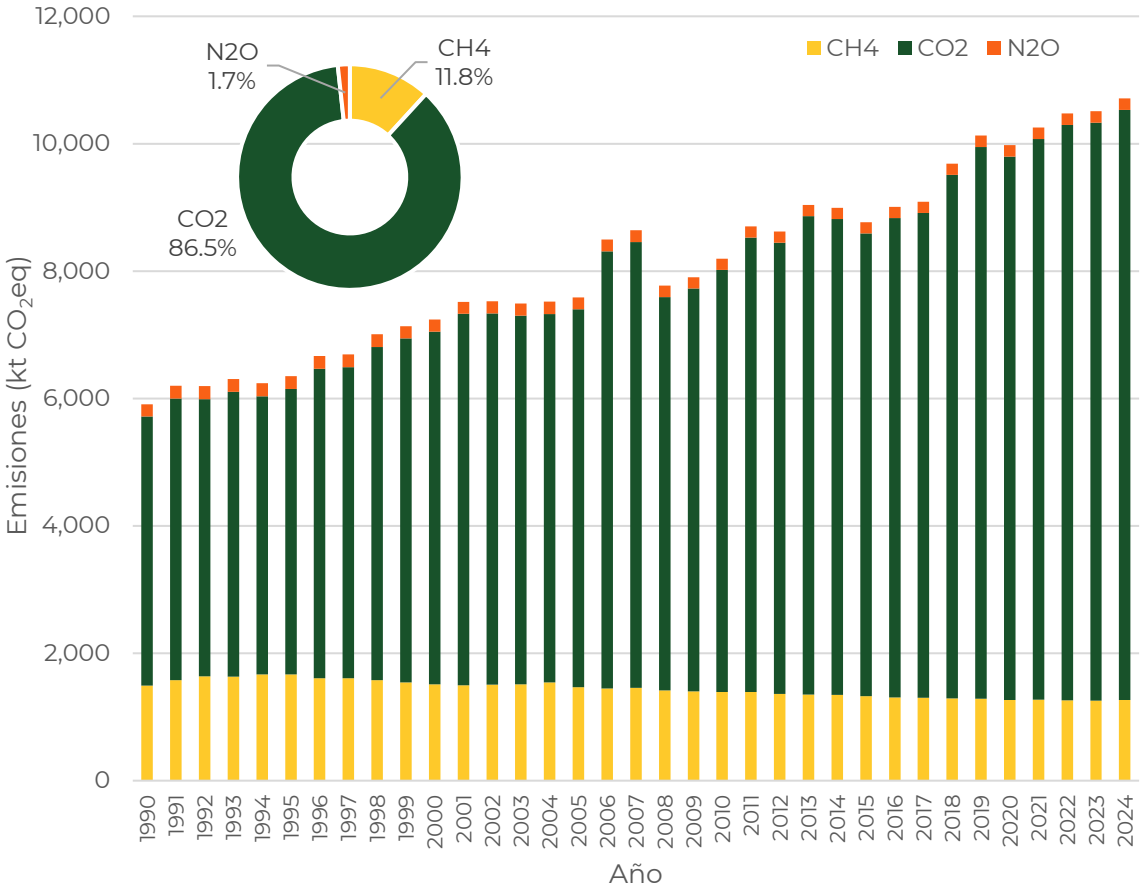


Figura 3-40. Otros sectores: Emisiones por GEI (kt CO_2eq), 1990-2024..

Las emisiones de contaminantes criterio y carbono negro de la categoría 1.A.4 Otros sectores fueron estimadas siguiendo las Guías EMEP/EEA (2019), considerando las fuentes de combustión presentes en los subsectores comercial/institucional, residencial y agricultura, silvicultura y pesca. En 2024, los contaminantes con mayores emisiones correspondieron a CO (487,9 kt), PM_{10} (93,2 kt), $PM_{2.5}$ (90,8 kt), COVDM (82,3 kt) y NO_X (28,6 kt), mientras que las emisiones de CN alcanzaron 10,6 kt. En términos generales, las emisiones de CO, COVDM, NH_3, PM_{10}, $PM_{2.5}$ y CN presentan una tendencia decreciente a lo largo de la serie temporal. En contraste, las emisiones de NO_X muestran un comportamiento creciente, pasando de 17,8 kt en 1990 a 28,6 kt en 2024, mientras que las emisiones de SOX presentan fluctuaciones moderadas, con una disminución inicial seguida de una recuperación gradual en los años más recientes.

La evolución observada refleja cambios en la estructura de consumo energético de los otros sectores. En particular, la disminución gradual de CO, que pasó de 630,1 kt en 1990 a 487,9 kt en 2024, así como la reducción de las emisiones de PM_{10} (de 118,3 kt a 93,2 kt) y $PM_{2.5}$ (de 115,2 kt a 90,8 kt), coincide con una menor participación relativa de combustibles sólidos tradicionales y una mayor utilización de combustibles de combustión más eficiente. Por su parte, el incremento de las emisiones de NO_X está asociado al aumento del consumo de combustibles fósiles, particularmente gas natural y derivados del petróleo, dentro de la categoría. Las emisiones de NH_3 permanecieron relativamente estables durante toda la serie, oscilando entre 8,5 y 12,5 kt, mientras que las emisiones de SO_X disminuyeron de 10,6 kt en 1990 a 8,8 kt en 2024. Asimismo, las emisiones de CN se redujeron de 12,4 kt a 10,6 kt durante el período analizado, comportamiento consistente con la disminución gradual del uso relativo de biomasa y otros combustibles sólidos en los sectores residencial y agropecuario.

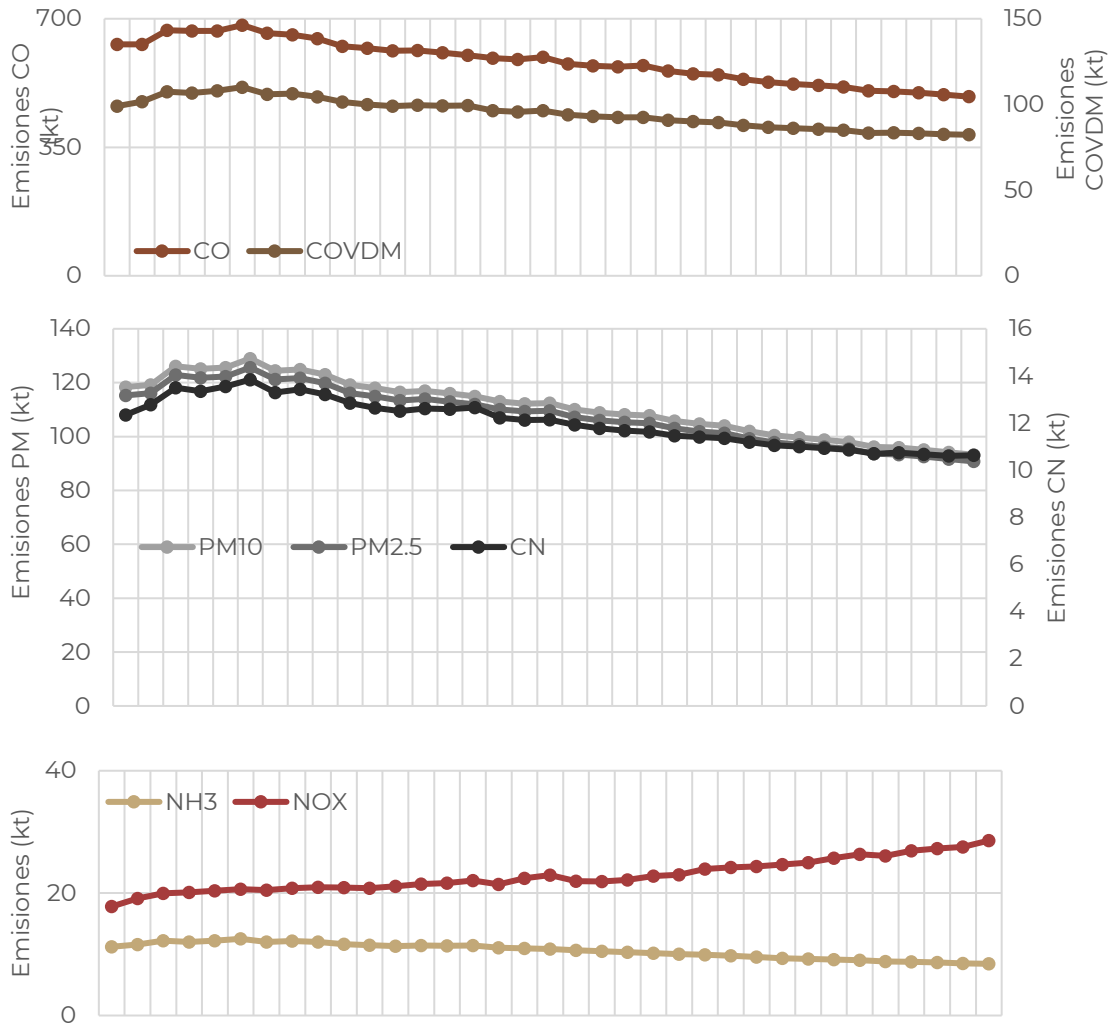
Tabla 3-48. Otros sectores: Emisiones por contaminante (kt CO_2eq o kt)

Fuente	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
CH_4	1.493,7	1.668,3	1.512,6	1.466,0	1.391,0	1.324,3	1.265,4	1.270,8	1.261,4	1.256,3	1.265,0
CO_2	4.226,1	4.479,0	5.535,5	5.933,7	6.627,8	7.266,8	8.531,1	8.800,7	9.033,8	9.074,6	9.263,6
N_2O	189,5	204,5	190,0	185,5	176,6	176,9	179,7	182,3	182,4	181,6	184,2

Fuente	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
1.A.4. Otros sectores	**5.909,3**	**6.351,8**	**7.238,1**	**7.585,2**	**8.195,4**	**8.768,0**	**9.976,2**	**10.253,7**	**10.477,5**	**10.512,6**	**10.712,7**
CN	12,4	13,8	12,7	12,2	11,7	11,2	10,7	10,7	10,7	10,6	10,6
CO	630,1	682,7	620,3	592,7	569,4	535,3	503,9	502,1	498,6	493,3	487,9
COVDM	98,9	110,1	100,0	96,4	92,4	87,9	83,4	83,5	83,1	82,5	82,3
NH_3	11,2	12,5	11,5	11,1	10,3	9,6	8,8	8,8	8,7	8,5	8,5
NO_X	17,8	20,7	20,8	21,5	22,2	24,3	26,1	26,9	27,3	27,6	28,6
PM_{10}	118,3	129,0	118,0	113,0	108,1	102,0	96,1	95,9	95,1	94,1	93,2
$PM_{2.5}$	115,2	125,6	114,9	110,0	105,3	99,3	93,6	93,3	92,6	91,6	90,8
SO_2	6,8,E-04	9,6,E-04	1,3,E-03	1,7,E-03	2,5,E-03	5,2,E-03	8,1,E-03	8,5,E-03	8,9,E-03	8,9,E-03	9,3,E-03
SO_X	10,6	11,1	9,1	8,4	8,3	8,0	8,0	8,2	8,3	8,5	8,8

Nota: Las emisiones de GEI son expresadas en kt CO_2eq y las emisiones de carbono negro y contaminantes criterio en kt.

Fuente: Elaboración propia



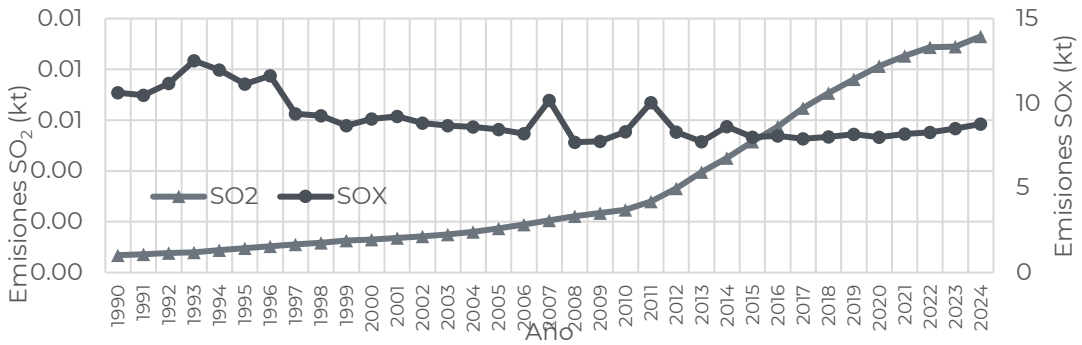


Figura 3-41. Otros sectores: Emisiones por contaminante (kt), 1990-2024.

Fuente: Elaboración propia

1.A.4.a. Comercial/Institucional: El subsector comercial/institucional registró emisiones de 1.346,7 kt CO_2eq en 2024, equivalentes al 12,6 % de las emisiones de la categoría 1.A.4. Entre 1990 y 2024 las emisiones aumentaron cerca de 496 %, pasando de 226,2 kt CO_2eq a 1.346,7 kt CO_2eq. La trayectoria muestra una tendencia creciente de largo plazo asociada al aumento de la actividad económica y de servicios, con una reducción temporal en 2020, cuando las emisiones descendieron a 1.021,2 kt CO_2eq, seguida de una recuperación entre 2021 y 2023. En 2024 se observa una disminución de 6,7 % respecto a 2023.

De acuerdo con el anális del BECO (Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), 2025), el consumo final de energía del sector comercial y público presentó una recuperación importante después de la pandemia, con incrementos de 11,0 % en 2022 y 12,0 % en 2023. No obstante, en 2024 se registró una reducción de 2,0 % frente al año anterior. Este comportamiento es consistente con la evolución de las emisiones de GEI, que aumentaron entre 2021 y 2023 y posteriormente disminuyeron 6,7 % en 2024.

1.A.4.b. Residencial: El subsector residencial fue la principal fuente de emisiones dentro de la categoría 1.A.4 Otros sectores durante todo el período analizado. En 2024 registró emisiones de 6.390,9 kt CO_2eq, equivalentes al 59,7 % de las emisiones de la categoría. Entre 1990 y 2024, las emisiones aumentaron 50,3 %, pasando de 4.253,0 kt CO_2eq a 6.390,9 kt CO_2eq, como resultado del crecimiento de la población, la expansión de la cobertura energética y el incremento gradual de la demanda de energía en los hogares.

La serie histórica muestra una tendencia creciente de largo plazo, aunque con periodos de relativa estabilidad. Después de alcanzar 5.421,3 kt CO_2eq en 2010, las emisiones permanecieron prácticamente estables hasta 2015 y posteriormente retomaron una trayectoria ascendente, alcanzando 6.359,9 kt CO_2eq en 2020. Entre 2021 y 2024 las emisiones se mantuvieron alrededor de 6.300–6.400 kt CO_2eq, con un incremento de 1,5 % entre 2023 y 2024.

De acuerdo con el BECO (Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), 2025), el sector residencial incrementó su consumo final de energía en 3,8 % durante 2024 respecto a 2023, siendo el único de los principales sectores consumidores que registró un crecimiento significativo en ese año. La matriz energética residencial se caracteriza por una participación importante de la electricidad y el gas natural, junto con el uso de biomasa, particularmente leña, en zonas rurales. Esta composición energética explica que, además de las emisiones de CO_2 asociadas a la combustión de combustibles fósiles, el subsector presente una contribución relevante de CH_4, derivada principalmente del consumo de biomasa para cocción y otros usos domésticos (véase Figura 3-42). De hecho, en 2024 el CH_4 representó aproximadamente 19,8 % de las emisiones totales de GEI de la subcategoría, una proporción considerablemente superior a la observada en la mayoría de las demás subcategorías de las Actividades de quema de combustibles (1.A).



Figura 3-42. Otros sectores: Emisiones por GEI (kt CO_2eq), 2024..

Fuente: Elaboración propia

1.A.4.c. Agricultura / Silvicultura / Pesca / Piscifactorías: Esta subcategoría registró emisiones de 2.975,1 kt CO_2eq en 2024, equivalentes al 27,8 % de las emisiones de la categoría 1.A.4 Otros sectores. Entre 1990 y 2024, las emisiones aumentaron 108,0 %, pasando de 1.430,2 kt CO_2eq a 2.975,1 kt CO_2eq, lo que refleja el incremento gradual de la demanda energética asociada a las actividades agropecuarias, forestales y pesqueras del país.

La tendencia histórica muestra un crecimiento sostenido, especialmente a partir de 2005. Mientras que las emisiones de las fuentes estacionarias pasaron de 1.685,6 kt CO_2eq en 2005 a 2.621,5 kt CO_2eq en 2024, las emisiones de las fuentes móviles aumentaron de 66,2 kt CO_2eq a 353,6 kt CO_2eq durante el mismo período. En 2024, las emisiones estacionarias representaron el 88,1 % del total de la subcategoría, mientras que las emisiones móviles aportaron el 11,9 % restante.

Las emisiones móviles corresponden a la subcategoría 1.A.4.c.ii Vehículos todoterreno y otra maquinaria, que incluye equipos utilizados en actividades agrícolas y forestales. Como se describió previamente para la categoría de maquinaria fuera de carretera, estas emisiones se estiman a partir de información específica sobre la flota y sus parámetros operativos, permitiendo diferenciar el consumo de combustible asociado a estas actividades del consumo reportado para el transporte terrestre convencional.

La evolución reciente de la subcategoría es consistente con el comportamiento observado en los sectores agrupados como “resto” en el BECO (Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), 2025), que incluyen actividades agropecuarias, mineras, de construcción y usos no energéticos. De acuerdo con esta fuente, el consumo final de energía de este grupo aumentó 6,4 % en 2024 respecto a 2023, comportamiento que coincide con el incremento de 7,4 % registrado en las emisiones de la subcategoría durante el mismo periodo.

3.2.9.2 Aspectos metodológicos de la subcategoría

La estimación de emisiones para la subcategoría 1.A.4 Otros sectores se realizó de acuerdo con las Directrices del IPCC 2006 y su Refinamiento de 2019 para los gases de efecto invernadero, así como con la Guía EMEP/EEA 2019 para contaminantes criterio y carbono negro, utilizando como principal fuente de información los consumos de combustibles reportados en el BECO y para la categoría de 1.A.4.c.ii Móviles el Inventario de emisiones contaminantes de fuentes móviles terrestres de uso fuera de carretera (FMFC) – Año 2023, desarrollado en el marco del Programa CALAC+ a solicitud del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, con el apoyo de la COSUDE. Los enfoques metodológicos aplicados para cada subcategoría, contaminante y Tier se presentan en la Tabla 3-49.

En concordancia con las Directrices del IPCC, las emisiones de CO_2 provenientes de la combustión de biomasa (principalmente leña y otros biocombustibles sólidos utilizados en el sector residencial) no se incluyen en los totales de la categoría, dado que son reportadas como elementos informativos. No obstante, las emisiones de CH_4 y N_2O generadas durante la combustión de estos combustibles sí se contabilizan dentro del inventario nacional, debido a su contribución al forzamiento climático.

Como mejora metodológica respecto a ejercicios anteriores, la presente actualización incorpora de manera explícita las emisiones correspondientes a la subcategoría 1.A.4.c.ii. Móviles (Vehículos todoterreno y otra maquinaria). Estas emisiones fueron estimadas mediante una metodología específica basada en información sobre la flota y sus parámetros operativos. Las consideraciones metodológicas, fuentes de información y procedimientos utilizados para esta estimación se describen en el apartado Consideraciones metodológicas

para vehículos todoterreno y otra maquinaria (1.A.2.g.vii) de la Sección 3.2.7.2. Asimismo, el procedimiento aplicado garantiza que el consumo de combustible atribuido a esta subcategoría sea descontado del consumo reportado para transporte terrestre, evitando la doble contabilización entre las categorías 1.A.3. Transporte y 1.A.4. Otros sectores.

Para la estimación de carbono negro y otros contaminantes criterio se utilizaron las siguientes guías:

- Categorías estacionarias: 1.A.4 Small combustión (Kuenen, Trozzi, Nielsen, et al., 2019)
- Categoría móvil: 1.A.4 Non road mobile machinery (Winther & Dore, 2019)

Tabla 3-49. Otros sectores: Aspectos metodológicos

Subcategoría	Contaminante	Nivel (Tier)	No. Ecuación	Ecuación	Fuente
1.A.4.a. Comercial /institucional 1.A.4.b. Residencial 1.A.4.c.i. Estacionario	CO_2, CH_4, N_2O	CO_2 - 2 CH_4 -1 N_2O - 1	V. 2, Ch. 2, Ec. 2.1	$\text{Emisiones}_{GEI} = \text{Consumo de combustible}_{combustible} * \text{Factor de emisión}_{GEI\ combustible}$ Donde: Emisiones_{GEI} = emisiones de un gas de efecto invernadero dado por tipo de combustible (kg GEI). $\text{Consumo de combustible}_{combustible}$= cantidad de combustible quemado (TJ). $\text{Factor de emisión}_{GEI\ combustible}$ = factor de emisión por defecto de un gas de efecto invernadero dado por tipo de combustible (kg GEI/TJ). Para el caso del CO_2, incluye el factor de oxidación del carbono, que se supone es 1.	IPCC, 2006
	CN, CO, COVDM, NOx, PM_{10}, $PM_{2.5}$, SO_x,	1	V. 1 Ch. 1.A.2, Ec. 1	$E_{contaminante} = AR_{consumo\ de\ combustible} \times EF_{contaminante}$ Donde: $E_{contaminante}$= emisión del contaminante especificado. $AR_{consumo\ de\ combustible}$= tasa de actividad asociada al consumo de combustible. $EF_{contaminante}$= factor de emisión del contaminante.	EMEP/EEA, 2019
1.A.4.c.ii. Móviles (Vehículos todoterreno y otra maquinaria)	CO_2, CH_4, N_2O	CO_2 - 2 CH_4 -1 N_2O - 1	V. 2, Ch. 2, Ec. 2.1	$\text{Emisiones} = \sum(\text{Combustible}_j \times EF_j)$ – Tier 1 $\text{Emisiones} = \sum(\text{Combustible}_{ij} \times EF_{ij})$ – Tier 2 Donde: Emisiones = emisiones (kg) $\text{Combustible}_{i,j}$ = combustible consumido (representado por el combustible vendido) (TJ) $EF_{i,j}$ = factor de emisión (kg/TJ) i = tipo de vehículo/equipo j = tipo de combustible	IPCC, 2006
	CN, CO, COVDM, NOx, PM_{10}, $PM_{2.5}$, SO_2, NH_3	3	V. 1 Ch. 1.A.4, Ec. 5	$E = N \times HRS \times P \times (1 + DFA) \times LFA \times EF_{Base}$ Donde: E = masa de emisiones del contaminante i durante el período de inventario. N = número de motores (unidades). HRS = horas anuales de operación. P = potencia del motor (kW). DFA = factor de ajuste por deterioro. LFA = factor de ajuste por carga. EF_{Base} = factor de emisión base (g/kWh).	EMEP/EEA, 2019

3.2.9.2.1 Datos de actividad de la subcategoría

Los datos de actividad para la categoría 1.A.4 Otros sectores se estimaron a partir de una combinación de fuentes nacionales sectoriales, empleando como base principal el BECO (Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), 2025) para los consumos de combustibles fósiles y biomasa en los sectores

comercial/institucional, residencial y agropecuario, con cobertura para el periodo 1990–2024. Como resultado de la actualización de las fuentes de información, se realizó el recalculo completo de las series temporales, garantizando la consistencia en la representación de los consumos energéticos a escala nacional. Para casos específicos en los que se identificaron vacíos de información o quiebres en la serie temporal, se aplicaron técnicas de empalme, utilizando variables sustitutas, principalmente el Producto Interno Bruto (PIB) proveniente de las Cuentas Nacionales (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2005) y Agregados macroeconómicos (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2024a) , con el fin de representar la variación temporal de los datos de actividad a partir de años con información disponible. De manera complementaria, se incorporaron fuentes sectoriales específicas para representar actividades no cubiertas directamente por el BECO, como el aprovechamiento de biogás en plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) y rellenos sanitarios, a partir de registros de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD), operadores del sector y proyectos del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) de la CMNUCC, así como el consumo de leña en el sector residencial, estimado mediante el indicador nacional de consumo de leña per cápita – PERS(Unidad de Planeación Minero Energética, 2023), en coherencia con la información reportada en el SINGEI.

Para la subcategoría 1.A.4.c.ii Móviles (vehículos todoterreno y maquinaria agrícola) se adoptó un enfoque basado en la modelación operativa de la flota de maquinaria del sector agropecuario. Para el periodo 1990–2023, los datos de actividad se obtuvieron del Inventario Nacional de Fuentes Móviles Terrestres de uso Fuera de Carretera (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible & Programa CALAC+, 2023a), considerando la fracción correspondiente a maquinaria agrícola. Este inventario integra información sobre la composición, antigüedad, patrones de uso y desempeño de la flota.

Para el año 2024, la serie se extendió con el inventario proyectado generado por la misma fuente, basado en la actualización del inventario base, los ingresos de flota (importaciones del DANE–DIAN) y la aplicación de un modelo de retiro, permitiendo estimar de manera consistente la composición y actividad de la flota. La Tabla 3-50 presenta las fuentes de información de los datos de actividad utilizados en la subcategoría 1.A.3. Transporte, incluyendo los periodos de cobertura, las fuentes de información y las consideraciones metodológicas asociadas, tales como la aplicación de técnicas de empalme y recálculo de las series temporales.

Tabla 3-50. Otros sectores: Fuente de información de datos de actividad

Dato de actividad		Periodo	Fuente	Observación
1.A.4.a. Comercial/institucional				
1.A.4.a.i. Estacionaria	Consumo de combustibles fósiles en el sector comercial e institucional	1990–2024	UPME – BECO	Corresponde al consumo energético reportado en el Balance Energético Colombiano para el sector comercial e institucional. Se realizó el recálculo de la serie temporal completa por actualización de la fuente de datos. Datos a escala nacional. Serie disponible 1990–2024.
	Aprovechamiento de biogás en el sector comercial e institucional (PTAR y rellenos sanitarios)	2001–2024	SSPD – operadores de PTAR y rellenos sanitarios (EAAB, EMCALI, EPM, Doña Juana) CMNUCC (MDL)	Información obtenida de registros operativos de la SSPD y operadores de PTAR y rellenos sanitarios, complementada con datos de proyectos de aprovechamiento de biogás registrados en el marco del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL).
		2009-2011 2022–2024	Técnica de empalme (SSPD – operadores PTAR y rellenos, aprovechamiento de biogás)	Para años sin información completa, la serie para las PTAR y rellenos sanitarios más representativos se estimó mediante técnicas de empalme utilizando datos de años con información disponible de aprovechamiento de biogás en rellenos sanitarios.
1.A.4.b. Residencial				
1.A.4.b.i. Estacionaria	Consumo de combustibles fósiles y biomasa en el sector residencial	1990–2024	UPME – BECO	Corresponde al consumo energético reportado en el BECO para el sector residencial. Se realizó el recálculo de la serie temporal completa por actualización de la fuente de datos. Para combustibles y periodos específicos con vacíos de información o quiebres en la serie temporal, los datos de actividad se reconstruyeron mediante técnicas de empalme. Datos a escala nacional.
		2006–2024	Técnica de empalme: DANE (PIB, Agregados macroeconómicos)	Se aplicaron técnicas de empalme para los siguientes combustibles y periodos: carbón vegetal y gasolina (2006-2024).
	Consumo de leña en el sector residencial	1990–2024	UPME – PERS Ideam – SINGEI	Estimación realizada a partir del indicador nacional de consumo de leña per cápita (PERS), en coherencia con la información reportada en el SINGEI (subcategoría 4.A.1.b.i).
1.A.4.c. Agricultura/silvicultura/pesca				
1.A.4.c.i. Estacionario	Consumo de combustibles fósiles y biomasa en el sector agropecuario en fuentes estacionarias	1990–2024	UPME – BECO	Corresponde al consumo energético reportado en el BECO para el sector agropecuario. Se realizó el recálculo de la serie temporal completa por actualización de la fuente de datos. Para combustibles y periodos específicos con vacíos de información o quiebres en la serie temporal, los datos de actividad se reconstruyeron mediante técnicas de empalme. Datos a escala nacional.
		1990–2005	Técnica de empalme: DANE (PIB, Agregados macroeconómicos)	Se aplicaron técnicas de empalme para los siguientes combustibles y periodos: diésel oil y gasolina (1990-2005).
1.A.4.c.ii Móviles	Consumo de combustibles fósiles	1990-2023	Minambiente - CALAC+ (Inventario Nacional de	Se realizó el recálculo de la serie temporal completa (1990–2023) con base en Inventario Nacional de Fuentes Móviles Terrestres de

Dato de actividad		Periodo	Fuente	Observación
(vehículos todoterreno y maquinaria agrícola)	en maquinaria y equipos móviles del sector agropecuario		Fuentes Móviles Terrestres de uso Fuera de Carretera)	uso Fuera de Carretera (Minambiente – CALAC+). Datos a escala nacional.
		2024	Técnica de empalme: Minambiente - CALAC+ (Inventario base y modelo de retiro) DIAN - DANE, (Importaciones de vehículos)	Para 2024, el empalme se realizó a partir del inventario proyectado, generado por la fuente (Minambiente – CALAC+), basado en la actualización del inventario base, los ingresos de flota (importaciones DANE/DIAN) y la aplicación de un modelo de retiro.

Nota: UPME: Unidad de Planeación Minero energética; BECO: Balance Energético Colombiano; SSPD: Superintendencia de servicios públicos domiciliarios; PTAR: Planta de tratamiento de Aguas Residuales; MDL: Mecanismo de Desarrollo Limpio; DANE: Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas; PIB: Producto Interno Bruto; PERS: indicador nacional de consumo de leña per cápita. Minambiente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible; DAASU: Dirección de Asuntos Ambientales Sectorial y Urbana; CALAC+: lima y Aire Limpio en Ciudades de América Latina; DIAN: Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales. Fuente: Elaboración propia.

Las técnicas de empalme descritas a continuación se aplicaron conforme a la orientación del Capítulo 5 de las Directrices del IPCC (2006) sobre coherencia de la serie temporal. A continuación, se presentan las técnicas implementadas en las subcategorías de la categoría 1.A.4. Otros sectores, en función de la disponibilidad de información histórica.

- **1.A.4.a.i. Estacionaria (Comercial/institucional)**

Los datos de actividad para la subcategoría 1.A.4.a.i Comercial/institucional (estacionaria) se estimaron a partir del consumo de combustibles fósiles reportado en el BECO para el periodo 1990–2024, el cual constituyó la base energética del sector institucional. De manera complementaria, se incorporó el aprovechamiento de biogás en plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) y rellenos sanitarios, a partir de información proveniente de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD), operadores del sector y proyectos registrados en el marco del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) de la CMNUCC.

Para los periodos 2009–2011 y 2022–2024, ante la ausencia de información completa en algunas instalaciones, la serie de aprovechamiento de biogás se estimó mediante técnicas de empalme, utilizando datos de años con información disponible de instalaciones representativas, incluyendo las PTAR El Salitre y Cañaveralejo, así como el relleno sanitario Doña Juana. Este procedimiento permitió asegurar la continuidad temporal y la coherencia de la serie para el periodo 2001–2024.

- **1.A.4.b.i. Estacionaria (Residencial) y 1.A.4.c.i. Estacionario (Agropecuario)**

Los datos de actividad para las subcategorías 1.A.4.b.i Residencial (estacionaria) y 1.A.4.c.i Agropecuario (estacionario) se estimaron a partir del consumo de combustibles fósiles y biomasa reportado en el BECO para el periodo 1990–2024, el cual constituyó la base energética de ambos sectores (residencial y agropecuario). Como resultado de la actualización de la fuente de datos, se realizó el recalculo completo de la serie temporal, incorporando la información disponible a escala nacional.

Para combustibles y periodos específicos con vacíos de información, como el carbón vegetal y la gasolina en el sector residencial (2006–2024) y el diésel oil y la gasolina en el sector agropecuario (1990–2005), los datos de actividad fueron reconstruidos mediante técnicas de empalme, utilizando como variable proxy el Producto Interno Bruto (PIB) proveniente de las Cuentas Nacionales del DANE, únicamente para representar la variación temporal de la serie, a partir de años con información disponible. Para ello, se emplearon la serie de retroproyección con base 2015 para el periodo 1990–2005 (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2005) y los agregados macroeconómicos anuales(Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2024a), con el fin de asegurar la continuidad y coherencia temporal de las series. De manera complementaria, el consumo de leña en el sector residencial se estimó de forma independiente a partir del indicador nacional de consumo de leña per cápita (PERS), en coherencia con la información reportada en el SINGEI (subcategoría 4.A.1.b.i), lo que permitió representar de forma específica el uso de biomasa tradicional en los hogares.

- **1.A.4.c.ii. Móviles (Vehículos todoterreno y maquinaria agrícola)**

Para la subcategoría 1.A.4.c.ii Móviles (vehículos todoterreno y maquinaria agrícola) se realizó el recálculo de la serie temporal completa para el periodo 1990–2023, a partir de la actualización de la fuente de datos, utilizando el Inventario Nacional de Fuentes Móviles Terrestres de uso Fuera de Carretera, desarrollado por la Dirección de Asuntos Ambientales, Sectorial y Urbana del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en el marco del programa Clima y Aire Limpio en Ciudades de América Latina (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible & Programa CALAC+, 2023), con cobertura a escala nacional, y considerando específicamente la flota correspondiente a maquinaria y equipos móviles del sector agropecuario.

Para el año 2024, el empalme se realizó con base en el inventario proyectado generado por la misma fuente (Minambiente – CALAC+), derivado de la actualización del inventario base, la incorporación de nuevos ingresos de flota estimados principalmente a partir de datos de importaciones de vehículos (DANE/DIAN) y la aplicación de un modelo de retiro. Este enfoque permitió reconstruir la dinámica de entrada y salida de la flota y, en consecuencia, estimar de manera consistente la composición y la actividad de la maquinaria para dicho año.

El cálculo del dato de actividad se basó en un enfoque de modelación operativa de la flota, en el cual el consumo energético se estima a partir de parámetros técnicos y de operación de los equipos. En particular, se consideran variables como la edad de la maquinaria, las horas de operación anual, el factor de carga y la vida media, con el fin de estimar un indicador de uso relativo, el cual se emplea para representar el desempeño de los equipos y estimar el consumo de combustible de manera consistente.

En la Tabla 3-51 se presentan los datos de actividad de la 1.A.4. Otros sectores.

Tabla 3-51. Otros sectores: datos de actividad por combustible o fuente de GEI, carbono negro y contaminantes criterio

Año	1.A.4.a.i. Estacionaria			1.A.4.b.i. Estacionaria						
	Biogás	GLP	Gas natural	Carbón mineral	Carbón vegetal	GLP	Gas natural	Gasolina	Leña	Querosene
	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)	(TJ)
1990	NO	1303,3	2478,0	5442,0	4843,4	18123,2	2780,2	8432,8	141725,4	5.277,4
1991	NO	1.360,1	3.253,1	4.971,8	4.845,0	18.913,1	3.795,2	9.579,7	140.558,2	4.888,5
1992	NO	2.695,8	3.740,4	5.837,5	14.301,8	16.825,5	4.541,3	6.844,2	139.483,8	5.293,8
1993	NO	2.893,3	4.324,0	7.486,4	13.359,1	17.364,8	5.605,7	4.554,3	138.338,8	5.008,0
1994	NO	2.007,0	4.620,5	6.972,1	14.354,5	21.204,2	6.779,1	2.207,1	137.119,8	2.363,5
1995	NO	1.999,7	4.960,7	5.869,2	20.965,2	21.258,1	8.110,5	3.296,6	136.023,8	2.477,2
1996	NO	2.360,6	4.816,0	6.205,3	16.852,5	25.011,5	9.636,2	3.312,0	134.679,3	2.425,1
1997	NO	2.473,5	7.553,4	3.595,0	19.789,4	26.206,7	10.368,9	2.889,3	133.403,6	2.452,5
1998	NO	2.663,7	6.235,9	3.336,2	19.154,2	28.221,8	15.761,3	2.798,4	131.907,3	2.316,1
1999	NO	2.703,1	7.514,2	2.732,2	16.046,7	28.639,0	18.431,3	2.489,2	130.352,2	2.282,7
2000	NO	2.798,8	6.284,8	3.134,9	16.277,7	30.245,5	20.271,3	1.828,2	128.830,2	1.940,1
2001	48,1	2.823,0	8.466,7	3.278,7	15.925,3	30.506,8	22.457,4	1.994,1	127.084,7	1.940,1
2002	131,4	2.638,2	7.767,1	2.933,5	17.918,1	28.510,3	25.630,8	1.711,2	125.560,8	1.889,4
2003	106,9	2.490,5	7.305,8	2.904,8	17.674,0	26.917,4	27.605,0	1.658,1	123.963,7	1.559,6
2004	110,4	2.401,3	6.562,5	2.876,0	16.694,4	25.213,7	29.731,4	1.876,5	122.390,3	1.823,4
2005	191,5	2.429,7	7.001,6	2.818,5	17.509,0	25.303,0	32.021,5	1.860,5	120.716,7	1.927,9
2006	187,9	2.577,0	11.724,9	2.713,7	18.440,4	22.467,8	46.644,6	1.979,4	119.089,2	2.051,1
2007	177,1	2.846,3	12.872,0	4.933,3	19.220,0	21.414,8	45.210,1	1.636,6	117.311,8	1.695,9
2008	179,6	2.628,2	12.080,3	2.569,8	19.321,2	20.206,1	40.269,0	298,4	115.398,4	309,2
2009	239,6	2.020,3	13.629,5	2.751,0	19.784,1	19.736,3	42.184,5	376,8	113.288,1	390,4
2010	196,0	1.874,5	14.829,8	3.434,7	20.554,4	19.378,3	45.835,2	376,1	111.166,0	389,8
2011	223,1	1.831,2	17.239,3	5.338,4	21.185,1	19.053,2	49.210,1	386,2	109.018,0	400,2
2012	329,0	1.876,9	20.474,9	3.523,3	21.640,5	17.317,8	49.118,5	389,5	106.807,5	403,6
2013	352,2	2.100,7	22.844,8	2.800,7	22.442,6	16.180,0	54.304,4	396,2	104.555,7	410,6
2014	338,8	2.656,4	20.861,8	3.608,6	23.213,8	17.125,1	51.358,3	402,0	102.283,7	416,5
2015	337,5	3.236,8	17.787,9	2.825,3	23.050,7	16.546,5	50.405,3	406,9	100.020,4	421,6
2016	356,7	3.092,5	18.429,5	2.846,7	23.048,9	16.934,3	52.774,0	416,3	97.857,1	431,3
2017	382,7	2.097,5	18.773,4	2.825,3	23.714,2	14.511,4	56.112,4	385,9	95.791,9	399,9
2018	399,1	2.387,9	19.728,4	2.713,7	24.318,6	17.208,7	62.399,7	147,9	94.098,3	153,3
2019	334,1	2.570,2	19.158,8	2.713,7	24.931,4	18.124,0	68.233,2	260,4	92.294,1	269,9
2020	743,3	2.065,4	15.823,4	2.387,1	23.976,6	20.241,0	66.869,7	209,4	90.920,4	217,0
2021	768,0	2.651,2	17.353,4	2.387,1	25.374,6	20.273,2	67.306,4	304,0	88.674,1	315,0
2022	945,2	3.121,8	19.997,1	2.529,8	26.544,1	19.579,6	68.762,2	351,4	86.343,6	364,2
2023	1.133,1	3.400,0	21.776,6	2.724,6	27.135,4	19.510,6	66.562,9	334,7	83.952,1	346,8
2024	1.038,8	3.554,7	19.857,8	2.724,6	27.638,1	19.952,8	68.022,6	334,7	81.522,0	346,8

Año	1.A.4.c.i. Estacionario					1.A.4.c.ii. Móviles (Vehículos todoterreno y otra maquinaria)
	Bagazo (TJ)	Diésel oil (TJ)	Gas natural (TJ)	Gasolina (TJ)	Leña (TJ)	Diésel oil (TJ)
1990	12.086,7	12.329,5	58,7	3.351,3	14.288,4	317,9
1991	12.379,6	12.628,3	60,1	3.432,5	25.664,0	332,6
1992	12.798,7	12.553,6	59,8	3.412,2	26.532,8	356,3
1993	15.642,3	12.691,7	60,4	3.449,8	22.856,2	370,0
1994	15.682,8	12.865,7	61,3	3.497,1	28.245,1	407,1
1995	15.877,7	13.161,2	62,7	3.577,4	25.857,1	444,4
1996	15.839,3	13.118,5	62,5	3.565,8	22.431,4	479,6
1997	16.318,0	13.136,0	62,5	3.570,5	23.532,4	513,1
1998	16.571,9	13.222,7	63,0	3.594,1	22.189,6	544,0
1999	16.474,5	13.137,5	62,6	3.570,9	22.103,6	584,0
2000	16.469,0	13.382,3	63,7	3.637,5	19.439,6	604,4
2001	18.176,4	13.458,5	64,1	3.658,2	17.910,0	630,0
2002	18.945,6	14.077,3	67,0	3.826,4	18.831,1	663,0
2003	19.714,7	14.309,1	68,1	3.889,4	20.457,5	695,4
2004	19.714,7	14.314,0	68,2	3.890,7	26.271,9	742,7
2005	18.010,1	14.176,4	67,5	3.853,3	19.829,7	808,3
2006	18.312,4	14.418,4	68,6	3.919,1	18.294,4	874,4
2007	19.032,3	14.985,2	53,5	4.073,2	17.847,4	950,3
2008	18.879,0	14.864,6	45,4	4.040,4	17.400,4	1.024,7
2009	18.835,0	14.829,9	85,8	4.031,0	16.953,3	1.073,7
2010	18.892,3	14.875,0	84,8	4.043,2	16.506,3	1.129,3
2011	19.253,2	15.159,1	90,9	4.120,4	16.059,3	1.270,8
2012	19.735,1	15.538,6	93,9	4.223,6	15.612,3	1.496,9
2013	21.206,1	16.696,8	102,0	4.538,4	15.165,2	1.768,7
2014	21.823,3	17.182,8	124,2	4.670,5	14.718,2	2.000,4
2015	22.761,7	17.921,6	90,9	4.871,3	14.271,2	2.273,4
2016	23.384,6	18.412,1	147,4	5.004,6	13.824,1	2.527,3
2017	24.688,7	19.438,8	145,4	5.283,7	13.377,1	2.844,0
2018	25.082,2	19.748,7	162,5	5.367,9	12.930,1	3.101,5
2019	25.763,7	20.285,3	134,3	5.513,8	12.483,0	3.346,3
2020	26.268,9	20.683,0	137,3	5.621,9	12.036,0	3.583,7
2021	27.417,8	21.587,6	129,2	5.867,8	12.696,8	3.870,5
2022	27.169,0	21.391,7	145,4	5.814,5	13.086,2	4.116,4
2023	27.624,9	21.750,7	146,4	5.912,1	13.759,7	4.141,9
2024	29.826,8	23.484,3	148,7	6.383,3	14.585,3	4.315,9

Nota: NO: No ocurre. Fuente: Elaboración propia.

3.2.9.2.2 Factores de emisión aplicados en la subcategoría

Los factores de emisión utilizados en la categoría 1.A.4. Otros sectores se asignaron de manera diferenciada según el tipo de contaminante, la naturaleza del dato de actividad y el nivel de desagregación disponible, empleando fuentes nacionales e internacionales para las distintas subcategorías, incluyendo fuentes estacionarias y móviles (vehículos todoterreno y otra maquinaria).

Para los gases de efecto invernadero (CO_2, CH_4 y N_2O), los factores de emisión se definieron de forma diferenciada por gas. Los valores de CO_2 correspondieron a los Factores de Emisión de Combustibles de Colombia desarrollados por la UPME (Amell Arrieta et al., 2016), clasificados como Tier 2 y expresados en kg/TJ, reflejando condiciones del contexto nacional. Los factores de CH_4 y N_2O correspondieron a valores por defecto del IPCC (2006), clasificados como Tier 1 y diferenciados por tipo de combustible y tipo de fuente.

Para los contaminantes atmosféricos (CO, NO_x, COVDM, NH_3, SO_x, PM_{10} y $PM_{2.5}$), se emplearon principalmente factores de la guía EMEP/EEA(European Environment Agency, 2019), expresados en unidades acordes con el dato de actividad (g/GJ, g/kWh y g/t), en función del tipo de fuente y nivel de detalle disponible. En fuentes móviles del sector agrícola, los factores de emisión se presentaron como rangos que variaron en función del rango de potencia del equipo y de las categorías tecnológicas (Tier 0, 1, 2, 4i y 4f); estas categorías correspondieron a características operativas y tecnológicas de los motores y no a niveles metodológicos. Esta aproximación permitió representar la variabilidad de las emisiones; por ejemplo, el CO en maquinaria fuera de carretera se expresó en el rango [7,0 10 E-02 – 6,00 g/kWh]. Como excepción, los factores de COVDM para maquinaria móvil se expresaron en g/t y dependieron de la categoría tecnológica (Tier), sin considerar el rango de potencia.

Para carbono negro (CN), los factores se definieron como fracción de $PM_{2.5}$, en coherencia con la metodología EMEP/EEA (2019), diferenciados por tipo de combustible y tipo de fuente.

La selección de los factores de emisión permitió mantener la coherencia entre unidades, datos de actividad y metodologías aplicadas. La Tabla 3-52 presenta el resumen de los factores de emisión utilizados por subcategoría, combustible y tipo de contaminante.

Tabla 3-52. Otros sectores: factores de emisión aplicados por fuente de GEI, carbono negro y contaminantes criterio

Subcategoría	Fuente FE	Nivel (Tier)	Clasif.	Cont	Valor	Unidad
1.A.4.c.i. Estacionario 1.A.4.c.ii. Móviles (Vehículos todoterreno y otra maquinaria)	UPME, 2016 FECOC	2	Diésel oil	CO_2	74.233,4	kg CO_2/TJ
1.A.4.a.i. Estacionaria 1.A.4.b.i. Estacionaria 1.A.4.c.i. Estacionario	UPME, 2016 FECOC	2	Biogás, Gas natural	CO_2	55.539,1	kg CO_2/TJ
1.A.4.a.i. Estacionaria 1.A.4.b.i. Estacionaria	UPME, 2016 FECOC	2	GLP	CO_2	67.185,1	kg CO_2/TJ
1.A.4.b.i. Estacionaria 1.A.4.c.i. Estacionario	UPME, 2016 FECOC	2	Gasolina	CO_2	69.323,7	kg CO_2/TJ
1.A.4.b.i. Estacionaria	UPME, 2016 FECOC	2	Querosene	CO_2	73.939,6	kg CO_2/TJ
1.A.4.b.i. Estacionaria	UPME, 2016 FECOC	2	Carbón mineral	CO_2	88.136,0	kg CO_2/TJ
1.A.4.b.i. Estacionaria 1.A.4.c.i. Estacionario	UPME, 2016 FECOC	2	Leña	CO_2	89.524,9	kg CO_2/TJ
1.A.4.c.i. Estacionario	UPME, 2016 FECOC	2	Bagazo	CO_2	112.929,7	kg CO_2/TJ
1.A.4.b.i. Estacionaria	IPCC, 2006 Cu.2.5 V.2 Ch.2	1	Carbón vegetal	CO_2	112.000,0	kg CO_2/TJ
1.A.4.c.i. Estacionario	IPCC, 2006 Cu.2.5 V.2 Ch.2	1	Gas natural	CH_4	1,0	kg CH_4/TJ
1.A.4.c.i. Estacionario	IPCC, 2006 Cu.2.5 V.2 Ch.2	1	Diésel oil, Gasolina	CH_4	3,0	kg CH_4/TJ
1.A.4.c.ii. Móviles (Vehículos todoterreno y otra maquinaria)	IPCC, 2006 Cu.3.3.1 V.2 Ch.3	1	Diésel oil	CH_4	4,2	kg CH_4/TJ
1.A.4.a.i. Estacionaria 1.A.4.b.i. Estacionaria	IPCC, 2006 Cu.2.5 V.2 Ch.2	1	Biogás, Gas natural, GLP	CH_4	5,0	kg CH_4/TJ
1.A.4.a.i. Estacionaria 1.A.4.b.i. Estacionaria	IPCC, 2006 Cu.2.5 V.2 Ch.2	1	Gasolina, GLP, Querosene	CH_4	10,0	kg CH_4/TJ
1.A.4.c.i. Estacionario	IPCC, 2006 Cu.2.5 V.2 Ch.2	1	Bagazo, Leña	CH_4	30,0	kg CH_4/TJ
1.A.4.b.i. Estacionaria	IPCC, 2006 Cu.2.5 V.2 Ch.2	1	Carbón vegetal	CH_4	200,0	kg CH_4/TJ
1.A.4.b.i. Estacionaria	IPCC, 2006 Cu.2.5 V.2 Ch.2	1	Carbón mineral, Leña	CH_4	300,0	kg CH_4/TJ
1.A.4.a.i. Estacionaria 1.A.4.b.i. Estacionaria 1.A.4.c.i. Estacionario	IPCC, 2006 Cu.2.5 V.2 Ch.2	1	Biogás, Gas natural, GLP	N_2O	1,0E-01	kg N_2O/TJ

Subcategoría	Fuente FE	Nivel (Tier)	Clasif.	Cont	Valor	Unidad
1.A.4.a.i. Estacionaria 1.A.4.b.i. Estacionaria 1.A.4.c.i. Estacionario	IPCC, 2006 Cu.2.5 V.2 Ch.2	1	Diésel oil, Gasolina, GLP, Querosene	N_2O	0,6	kg N_2O/TJ
1.A.4.b.i. Estacionaria	IPCC, 2006 Cu.2.5 V.2 Ch.2	1	Carbón vegetal	N_2O	1,0	kg N_2O/TJ
1.A.4.b.i. Estacionaria	IPCC, 2006 Cu.2.5 V.2 Ch.2	1	Carbón mineral	N_2O	1,5	kg N_2O/TJ
1.A.4.b.i. Estacionaria 1.A.4.c.i. Estacionario	IPCC, 2006 Cu.2.5 V.2 Ch.2	1	Bagazo, Leña	N_2O	4,0	kg N_2O/TJ
1.A.4.c.ii. Móviles (Vehículos todoterreno y otra maquinaria)	IPCC, 2006 Cu.3.3.1 V.2 Ch.3	1	Diésel oil	N_2O	28,6	kg N_2O/TJ
1.A.4.b.i. Estacionaria	EMEP/EEA, 2019	1	Leña, Carbón vegetal	CN	1,0E-01	%$PM_{2.5}$
1.A.4.c.ii. Móviles (Vehículos todoterreno y otra maquinaria)	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A2-Tb 3-6	1	Diésel oil	CN	[1,0E-02 - 1,3]	g/kWh
1.A.4.a.i. Estacionaria 1.A.4.c.i. Estacionario	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A4-Tb 3.3-3.10	1	Biogás, Gas natural	CN	4,0E-02	%$PM_{2.5}$
1.A.4.b.i. Estacionaria	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A4-Tb 3.3-3.10	1	Gas natural	CN	5,4E-02	%$PM_{2.5}$
1.A.4.b.i. Estacionaria	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A4-Tb 3.3-3.10	1	Carbón mineral	CN	6,4E-02	%$PM_{2.5}$
1.A.4.b.i. Estacionaria	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A4-Tb 3.3-3.10	1	Gasolina, GLP, Querosene	CN	8,5E-02	%$PM_{2.5}$
1.A.4.c.i. Estacionario	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A4-Tb 3.3-3.10	1	Bagazo, Leña	CN	2,8E-01	%$PM_{2.5}$
1.A.4.a.i. Estacionaria 1.A.4.c.i. Estacionario	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A4-Tb 3.3-3.10	1	Diésel oil, Gasolina, GLP	CN	0,6	%$PM_{2.5}$
1.A.4.c.ii. Móviles (Vehículos todoterreno y otra maquinaria)	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A2-Tb 3-6	1	Diésel oil	CO	[7,0E-02 - 6,00]	g/kWh
1.A.4.b.i. Estacionaria	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A4-Tb 3.3-3.10	1	Gas natural	CO	26,0	g CO/GJ
1.A.4.a.i. Estacionaria 1.A.4.c.i. Estacionario	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A4-Tb 3.3-3.10	1	Biogás, Gas natural	CO	29,0	g CO/GJ
1.A.4.b.i. Estacionaria	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A4-Tb 3.3-3.10	1	Gasolina, GLP, Querosene	CO	57,0	g CO/GJ
1.A.4.a.i. Estacionaria 1.A.4.c.i. Estacionario	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A4-Tb 3.3-3.10	1	Diésel oil, Gasolina, GLP	CO	93,0	g CO/GJ
1.A.4.c.i. Estacionario	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A4-Tb 3.3-3.10	1	Bagazo, Leña	CO	570,0	g CO/GJ
1.A.4.b.i. Estacionaria	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A4-Tb 3.3-3.10	1	Carbón vegetal, Leña	CO	4.000,0	g CO/GJ
1.A.4.b.i. Estacionaria	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A4-Tb 3.3-3.10	1	Carbón mineral	CO	4.600,0	g CO/GJ

Subcategoría	Fuente FE	Nivel (Tier)	Clasif.	Cont	Valor	Unidad
1.A.4.c.ii. Móviles (Vehículos todoterreno y otra maquinaria)	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A2-Tb 3-2	1	Diésel oil	COVDM	[536 - 5.851]	g/t
1.A.4.b.i. Estacionaria	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A2-Tb 3-6	1	Gasolina, GLP, Querosene	COVDM	0,7	g COVDM/GJ
1.A.4.b.i. Estacionaria	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A2-Tb 3-6	1	Gas natural	COVDM	1,9	g COVDM/GJ
1.A.4.a.i. Estacionaria 1.A.4.c.i. Estacionario	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A2-Tb 3-6	1	Diésel oil, Gasolina, GLP	COVDM	20,0	g COVDM/GJ
1.A.4.a.i. Estacionaria 1.A.4.c.i. Estacionario	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A2-Tb 3-6	1	Biogás, Gas natural	COVDM	23,0	g COVDM/GJ
1.A.4.c.i. Estacionario	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A2-Tb 3-6	1	Bagazo, Leña	COVDM	300,0	g COVDM/GJ
1.A.4.b.i. Estacionaria	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A2-Tb 3-6	1	Carbón mineral	COVDM	484,0	g COVDM/GJ
1.A.4.b.i. Estacionaria	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A2-Tb 3-6	1	Carbón vegetal, Leña	COVDM	600,0	g COVDM/GJ
1.A.4.c.ii. Móviles (Vehículos todoterreno y otra maquinaria)	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A2-Tb 3-6	1	Diésel oil	HC	[3,0E-02 - 3,8]	g/kWh
1.A.4.c.ii. Móviles (Vehículos todoterreno y otra maquinaria)	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A2-Tb 3-6	1	Diésel oil	NH_3	2,0E-03	g/kWh
1.A.4.b.i. Estacionaria	EMEP/EEA, 2019	1	Carbón mineral	NH_3	3,0E-01	g NH_3/GJ
1.A.4.c.i. Estacionario	EMEP/EEA, 2019	1	Bagazo, Leña	NH_3	37,0	g NH_3/GJ
1.A.4.b.i. Estacionaria	EMEP/EEA, 2019	1	Carbón vegetal, Leña	NH_3	70,0	g NH_3/GJ
1.A.4.c.ii. Móviles (Vehículos todoterreno y otra maquinaria)	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A2-Tb 3-6	1	Diésel oil	NO_x	[4,0E-02 -18,0]	g/kWh
1.A.4.b.i. Estacionaria	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A4-Tb 3.3-3.10	1	Carbón vegetal, Leña	NO_x	50,0	g NO_x/GJ
1.A.4.b.i. Estacionaria	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A4-Tb 3.3-3.10	1	Gas natural, Gasolina, GLP, Querosene	NO_x	51,0	g NO_x/GJ
1.A.4.a.i. Estacionaria 1.A.4.c.i. Estacionario	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A4-Tb 3.3-3.10	1	Biogás, Gas natural	NO_x	74,0	g NO_x/GJ
1.A.4.c.i. Estacionario	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A4-Tb 3.3-3.10	1	Bagazo, Leña	NO_x	91,0	g NO_x/GJ
1.A.4.b.i. Estacionaria	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A4-Tb 3.3-3.10	1	Carbón mineral	NO_x	110,0	g NO_x/GJ
1.A.4.a.i. Estacionaria 1.A.4.c.i. Estacionario	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A4-Tb 3.3-3.10	1	Diésel oil, Gasolina, GLP	NO_x	306,0	g NO_x/GJ
1.A.4.c.ii. Móviles (Vehículos todoterreno y otra maquinaria)	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A2-Tb 3-6	1	Diésel oil	PM_{10}	[2,0E-02 - 2,3]	g/kWh
1.A.4.a.i. Estacionaria 1.A.4.c.i. Estacionario	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A4-Tb 3.3-3.10	1	Biogás, Gas natural	PM_{10}	0,8	g PM_{10}/GJ
1.A.4.b.i. Estacionaria	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A4-Tb 3.3-3.10	1	Gas natural	PM_{10}	1,2	g PM_{10}/GJ

Subcategoría	Fuente FE	Nivel (Tier)	Clasif.	Cont	Valor	Unidad
1.A.4.b.i. Estacionaria	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A4-Tb 3.3-3.10	1	Gasolina, GLP, Querosene	PM_{10}	1,9	g PM_{10}/GJ
1.A.4.a.i. Estacionaria 1.A.4.c.i. Estacionario	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A4-Tb 3.3-3.10	1	Diésel oil, Gasolina, GLP	PM_{10}	21,0	g PM_{10}/GJ
1.A.4.c.i. Estacionario	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A4-Tb 3.3-3.10	1	Bagazo, Leña	PM_{10}	163,0	g PM_{10}/GJ
1.A.4.b.i. Estacionaria	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A4-Tb 3.3-3.10	1	Carbón mineral	PM_{10}	404,0	g PM_{10}/GJ
1.A.4.b.i. Estacionaria	EMEP/EEA, 2019	1	Carbón vegetal, Leña	PM_{10}	760,0	g PM_{10}/GJ
1.A.4.c.ii. Móviles (Vehículos todoterreno y otra maquinaria)	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A2-Tb 3-6	1	Diésel oil	$PM_{2.5}$	[2,0E-02 - 2,3]	g/kWh
1.A.4.a.i. Estacionaria 1.A.4.c.i. Estacionario	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A4-Tb 3.3-3.10	1	Biogás, Gas natural	$PM_{2.5}$	0,8	g $PM_{2.5}$/GJ
1.A.4.b.i. Estacionaria	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A4-Tb 3.3-3.10	1	Gas natural	$PM_{2.5}$	1,2	g $PM_{2.5}$/GJ
1.A.4.b.i. Estacionaria	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A4-Tb 3.3-3.10	1	Gasolina, GLP, Querosene	$PM_{2.5}$	1,9	g $PM_{2.5}$/GJ
1.A.4.a.i. Estacionaria 1.A.4.c.i. Estacionario	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A4-Tb 3.3-3.10	1	Diésel oil, Gasolina, GLP	$PM_{2.5}$	18,0	g $PM_{2.5}$/GJ
1.A.4.c.i. Estacionario	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A4-Tb 3.3-3.10	1	Bagazo, Leña	$PM_{2.5}$	160,0	g $PM_{2.5}$/GJ
1.A.4.b.i. Estacionaria	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A4-Tb 3.3-3.10	1	Carbón mineral	$PM_{2.5}$	398,0	g $PM_{2.5}$/GJ
1.A.4.b.i. Estacionaria	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A4-Tb 3.3-3.10	1	Carbón vegetal, Leña	$PM_{2.5}$	740,0	g $PM_{2.5}$/GJ
1.A.4.b.i. Estacionaria	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A4-Tb 3.3-3.10	1	Gas natural	SO_x	3,0E-01	g SO_x/GJ
1.A.4.a.i. Estacionaria 1.A.4.c.i. Estacionario	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A4-Tb 3.3-3.10	1	Biogás, Gas natural	SO_x	0,7	g SO_x/GJ
1.A.4.b.i. Estacionaria 1.A.4.c.i. Estacionario	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A4-Tb 3.3-3.10	1	Bagazo, Carbón vegetal, Leña	SO_x	11,0	g SO_x/GJ
1.A.4.b.i. Estacionaria	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A4-Tb 3.3-3.10	1	Gasolina, GLP, Querosene	SO_x	70,0	g SO_x/GJ
1.A.4.a.i. Estacionaria 1.A.4.c.i. Estacionario	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A4-Tb 3.3-3.10	1	Diésel oil, Gasolina, GLP	SO_x	94,0	g SO_x/GJ
1.A.4.b.i. Estacionaria	EMEP/EEA, 2019 Part B Ch.1A4-Tb 3.3-3.10	1	Carbón mineral	SO_x	900,0	g SO_x/GJ

Nota: Cont: Contaminante. Clasif: Clasificación según combustible fósil o biocombustible.

Fuente: Elaboración a partir de EMEP/EEA (2019), IPCC (2006), UPME (2016).

3.2.9.3 Descripción de flexibilidad aplicada en la subcategoría

No se aplicó ninguna flexibilidad.

3.2.9.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la subcategoría

En la Tabla 3-53 se presentan los resultados de incertidumbre para la subcategoría 1.A.4. Otros sectores durante el periodo 1990-2024. La incertidumbre promedio histórica fue de ±13,09 %. En 1990, la incertidumbre fue de ±16,41 %, mientras que en 2024 alcanzó ±9,92 %, lo que representa una reducción relativa del 39,59 %, equivalente a 6,50 puntos porcentuales.

Tabla 3-53. Resultados de incertidumbre (%) por propagación del error para 1.A.4. Otros sectores.

Subcategorías	Cont	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
1.A.4. Otros sectores	Todos	16,4	15,0	14,5	13,9	12,9	11,8	10,7	10,4	10,3	10,2	9,9
1.A.4. Otros sectores	CH4	39,3	34,5	35,8	34,8	30,5	29,4	28,6	28,0	27,7	27,3	26,8
1.A.4. Otros sectores	CO2	17,4	16,0	15,4	14,7	13,7	12,5	11,3	11,0	10,9	10,7	10,4
1.A.4. Otros sectores	N2O	39,2	35,6	36,2	35,0	30,5	27,1	25,4	24,9	29,1	28,7	28,2
1.A.4.a. Comercial/institucional	Todos	18,1	18,6	18,4	18,5	10,8	10,2	10,4	10,2	10,2	10,1	10,0
1.A.4.a. Comercial/institucional	CH4	48,3	38,5	37,9	38,6	39,9	38,2	38,7	38,2	38,0	37,9	37,3
1.A.4.a. Comercial/institucional	CO2	18,1	18,7	18,5	18,6	10,8	10,3	10,4	10,3	10,2	10,2	10,0
1.A.4.a. Comercial/institucional	N2O	37,1	38,5	37,9	38,6	39,9	38,2	38,7	38,2	38,0	37,9	37,3
1.A.4.b. Residencial	Todos	19,8	19,3	18,5	18,0	17,2	16,7	15,3	15,1	14,9	14,9	14,6
1.A.4.b. Residencial	CH4	45,8	42,7	43,9	43,5	38,0	37,2	36,7	36,3	35,9	35,6	35,4
1.A.4.b. Residencial	CO2	21,1	20,6	19,7	19,1	18,2	17,7	16,2	16,0	15,8	15,7	15,4
1.A.4.b. Residencial	N2O	46,9	45,8	46,3	46,0	40,8	40,4	39,9	39,7	39,5	39,3	39,1
1.A.4.c. Agricultura/silvicultura/pesca	Todos	12,8	13,4	13,0	13,0	12,1	11,4	11,2	11,1	11,7	11,7	11,7
1.A.4.c. Agricultura/silvicultura/pesca	CH4	36,2	36,6	36,3	36,4	32,5	33,6	35,2	35,2	35,0	34,8	34,9
1.A.4.c. Agricultura/silvicultura/pesca	CO2	13,5	14,2	13,8	13,7	12,8	12,1	11,8	11,8	12,3	12,3	12,4
1.A.4.c. Agricultura/silvicultura/pesca	N2O	33,4	34,7	33,4	32,9	28,3	26,7	27,8	27,7	34,7	34,5	34,6

A lo largo de la serie se observa una tendencia general decreciente, con reducciones graduales y relativamente constantes. La incertidumbre disminuyó de ±14,51 % en 2000 a ±12,89 % en 2010 y a ±10,70 % en 2020. En los años más recientes continuó descendiendo, al pasar de ±10,40 % en 2021 a ±9,92 % en 2024, año en el que se registró el valor mínimo de la serie. Este comportamiento es consistente con una mejora progresiva en la información empleada para estimar las emisiones de los diferentes componentes de la subcategoría.

Por tipo de GEI, el CO_2, el CH_4 y el N_2O presentaron incertidumbres promedio históricas de ±13,87 %, ±32,10 % y ±31,78 %, respectivamente. La incertidumbre del CO_2 disminuyó de ±17,45 % en 1990 a ±10,43 % en 2024, lo que representa una reducción del 40,20 %. Por su parte, el CH_4 pasó de ±39,25 % a ±26,80 %, mientras que el N_2O disminuyó de ±39,18 % a ±28,16 %, con reducciones relativas del 31,73 % y 28,13 %, respectivamente.

Aunque la incertidumbre del N_2O presentó un incremento en 2022, al pasar de ±24,94 % en 2021 a ±29,08 %, los valores de los años siguientes disminuyeron hasta alcanzar ±28,16 % en 2024. La similitud entre la incertidumbre del CO_2 y la incertidumbre agregada de 1.A.4 refleja la participación predominante de este gas en las emisiones de la subcategoría.

En 2024, la categoría con mayor incertidumbre fue 1.A.4.b. Residencial, con ±14,62 %, seguida de 1.A.4.c. Agricultura, silvicultura y pesca, con ±11,72 %, y 1.A.4.a. Comercial e institucional, con ±9,97 %. Entre 1990 y 2024, la mayor reducción relativa se presentó en la categoría comercial e institucional, con 44,77 %, seguida de residencial, con 26,25 %. Agricultura, silvicultura y pesca presentó una reducción más moderada, del 8,50 %. A pesar de las mayores incertidumbres asociadas al CH_4 y al N_2O, la incertidumbre total de 1.A.4 estuvo determinada principalmente por el comportamiento del CO_2.

3.2.9.5 AC/CC de la subcategoría

Además de las actividades transversales de aseguramiento y control de calidad aplicadas al inventario nacional, para la subcategoría 1.A.4 Otros sectores se implementaron los siguientes procedimientos de control de calidad:

- Se verificó la integridad y consistencia de las bases de datos B0, B2, F2 y SectorCal correspondientes a la subcategoría 1.A.4, garantizando que los datos de actividad, los factores de emisión y los demás parámetros utilizados en la estimación se ajustaran a la estructura estandarizada del inventario y estuvieran debidamente documentados.
- Se compararon las emisiones estimadas para la subcategoría con las reportadas en ciclos anteriores del inventario, revisando la coherencia de la serie temporal e identificando variaciones asociadas a actualizaciones metodológicas, incorporación de nueva información o cambios en los datos de actividad y factores de emisión.
- Se verificó la representatividad de los factores de emisión empleados para la subcategoría, comparándolos, cuando fue pertinente, con los valores por defecto de las Directrices del IPCC de 2006 y sustentando el uso de factores nacionales cuando estos estuvieron disponibles.
- Los resultados obtenidos para la subcategoría fueron revisados conjuntamente con los referentes técnicos sectoriales, en el marco de las mesas de trabajo desarrolladas con el Ministerio de Minas y Energía, el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio y demás actores relacionados con los sectores residencial, comercial, institucional y agropecuario, con el fin de validar la consistencia técnica de las estimaciones.
- Los resultados fueron presentados en espacios de socialización y discusión técnica con las entidades participantes, permitiendo recopilar observaciones y fortalecer el proceso de mejora continua del inventario.

3.2.9.6 Nuevos cálculos de la subcategoría

Los recálculos realizados en la categoría 1.A.4. Otros sectores no obedecen a cambios metodológicos en la estimación de emisiones, sino principalmente a la actualización de las fuentes de información y al refinamiento en el procesamiento de los datos de actividad. Para más información, véase la sección 3.2.9.2.1.

Las diferencias observadas en las subcategorías 1.A.4.b. Residencial y 1.A.4.c.i. Agricultura/silvicultura/pesca – Estacionario se explican principalmente por la reconstrucción y armonización de las series históricas de consumo energético. El BECO presenta cambios en la disponibilidad y estructura de reporte de algunos combustibles antes y después de 2006, lo que generó discontinuidades en las series temporales. Para garantizar la coherencia temporal del inventario, se completaron y reconstruyeron las series de consumo de combustibles que presentaban vacíos o cambios en su cobertura, mediante técnicas de empalme basadas en el PIB sectorial del DANE. Estos ajustes fueron aplicados, según la subcategoría, a combustibles como bagazo, gas natural, diésel oil y gasolina.

En la subcategoría 1.A.4.b. Residencial, los recálculos obedecen al ajuste de la serie de tiempo de la información del BECO, particularmente para gasolina y carbón vegetal.

En la subcategoría 1.A.4.a. Comercial/institucional, los recálculos responden principalmente a la actualización de la información del BECO y a la incorporación de información más completa sobre el aprovechamiento energético de biogás en plantas de tratamiento de aguas residuales y rellenos sanitarios, incluyendo la reconstrucción de algunos años mediante técnicas de empalme.

Por su parte, en 1.A.4.c.ii. Móviles (vehículos todoterreno y maquinaria agrícola), el recálculo se deriva de la adopción del Inventario Nacional de Fuentes Móviles Terrestres de uso Fuera de Carretera, desarrollado en el marco del programa CALAC+, el cual permitió actualizar la estimación del consumo de combustibles asociado a la maquinaria agrícola y otros equipos móviles.

Tabla 3-54. Otros sectores: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2) (kt CO_2 eq)

Subcategoría	Reporte	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021
1.A.4.a. Comercial /institucional	BTR1	225,8	411,0	538,6	553,7	779,1	1.043,5	931,2	1.096,3
1.A.4.a. Comercial /institucional	BTR2	226,2	411,6	539,4	554,4	952,9	1.209,8	1.021,2	1.146,1
1.A.4.a. Comercial /institucional	Diferencia	0,4	0,5	0,8	0,7	173,8	166,4	90,0	49,8
1.A.4.a. Comercial /institucional	Diferencia (%)	0,2 %	0,1 %	0,1 %	0,1 %	22,3 %	15,9 %	9,7 %	4,5 %
1.A.4.a. Comercial /institucional	Efecto en total de subcategoría 1.A.4 (%)	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	2,5 %	2,2 %	1,1 %	0,6 %
1.A.4.a. Comercial /institucional	Efecto en total neto de categoría 1.A.4 (%)	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	2,5 %	2,2 %	1,1 %	0,6 %
1.A.4.b. Residencial	BTR1	5.193,1	5.094,8	5.779,2	5.938,2	5.468,0	5.439,2	6.262,7	6.369,8
1.A.4.b. Residencial	BTR2	4.253,0	4.276,5	5.056,2	5.279,0	5.421,3	5.342,9	6.359,9	6.387,9
1.A.4.b. Residencial	Diferencia	-940,1	-818,3	-723,0	-659,2	-46,7	-96,3	97,2	18,0
1.A.4.b. Residencial	Diferencia (%)	-18,1 %	-16,1 %	-12,5 %	-11,1 %	-0,9 %	-1,8 %	1,6 %	0,3 %
1.A.4.b. Residencial	Efecto en total de subcategoría 1.A.4 (%)	-15,3 %	-13,2 %	-10,5 %	-9,1 %	-0,7 %	-1,3 %	1,1 %	0,2 %
1.A.4.b. Residencial	Efecto en total neto de categoría 1.A.4 (%)	-15,3 %	-13,2 %	-10,5 %	-9,1 %	-0,7 %	-1,3 %	1,1 %	0,2 %
1.A.4.c.i. Estacionario	BTR1	720,0	646,8	547,6	682,0	707,6	816,0	863,4	1.126,0
1.A.4.c.i. Estacionario	BTR2	1.404,2	1.627,4	1.592,9	1.685,6	1.728,7	2.029,0	2.301,5	2.402,6
1.A.4.c.i. Estacionario	Diferencia	684,2	980,6	1.045,4	1.003,6	1.021,1	1.213,0	1.438,1	1.276,7
1.A.4.c.i. Estacionario	Diferencia (%)	95,0 %	151,6 %	190,9 %	147,2 %	144,3 %	148,7 %	166,6 %	113,4 %
1.A.4.c.i. Estacionario	Efecto en total de subcategoría 1.A.4.c (%)	91,8 %	144,4 %	177,3 %	136,4 %	129,0 %	109,8 %	110,7 %	81,1 %
1.A.4.c.i. Estacionario	Efecto en total neto de categoría 1.A.4.c (%)	91,8 %	144,4 %	177,3 %	136,4 %	129,0 %	109,8 %	110,7 %	81,1 %
1.A.4.c.ii. Móviles (Vehículos todoterreno y otra maquinaria)	BTR1	25,3	32,3	42,0	53,6	84,2	288,3	435,9	447,7
1.A.4.c.ii. Móviles (Vehículos todoterreno y otra maquinaria)	BTR2	26,0	36,4	49,5	66,2	92,5	186,3	293,6	317,1
1.A.4.c.ii. Móviles (Vehículos todoterreno y otra maquinaria)	Diferencia	0,8	4,1	7,5	12,6	8,4	-102,1	-142,3	-130,5
1.A.4.c.ii. Móviles (Vehículos todoterreno y otra maquinaria)	Diferencia (%)	3,0 %	12,8 %	17,8 %	23,5 %	9,9 %	-35,4 %	-32,6 %	-29,2 %
1.A.4.c.ii. Móviles (Vehículos todoterreno y otra maquinaria)	Efecto en total de subcategoría 1.A.4.c (%)	0,1 %	0,6 %	1,3 %	1,7 %	1,1 %	-9,2 %	-11,0 %	-8,3 %

Subcategoría	Reporte	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021
1.A.4.c.ii. Móviles (Vehículos todoterreno y otra maquinaria)	Efecto en total neto de categoría 1.A.4.c (%)	0,1 %	0,6 %	1,3 %	1,7 %	1,1 %	-9,2 %	-11,0 %	-8,3 %
1.A.4.c. Agricultura /silvicultura /pesca	BTR1	745,3	679,1	589,6	735,6	791,8	1.104,3	1.299,2	1.573,6
1.A.4.c. Agricultura /silvicultura /pesca	BTR2	1.430,2	1.663,8	1.642,5	1.751,8	1.821,2	2.215,3	2.595,1	2.719,7
1.A.4.c. Agricultura /silvicultura /pesca	Diferencia	684,9	984,7	1.052,9	1.016,2	1.029,4	1.110,9	1.295,8	1.146,1
1.A.4.c. Agricultura /silvicultura /pesca	Diferencia (%)	91,9 %	145,0 %	178,6 %	138,2 %	130,0 %	100,6 %	99,7 %	72,8 %
1.A.4.c. Agricultura /silvicultura /pesca	Efecto en total de subcategoría 1.A.4 (%)	11,1 %	15,9 %	15,2 %	14,1 %	14,6 %	14,6 %	15,3 %	12,7 %
1.A.4.c. Agricultura /silvicultura /pesca	Efecto en total neto de categoría 1.A.4 (%)	11,1 %	15,9 %	15,2 %	14,1 %	14,6 %	14,6 %	15,3 %	12,7 %
1.A.4. Otros sectores	BTR1	6.164,2	6.184,9	6.907,4	7.227,4	7.038,9	7.587,0	8.493,2	9.039,8
1.A.4. Otros sectores	BTR2	5.909,3	6.351,8	7.238,1	7.585,2	8.195,4	8.768,0	9.976,2	10.253,7
1.A.4. Otros sectores	Diferencia	- 254,9	166,9	330,6	357,8	1.156,5	1.181,0	1.483,0	1.213,9
1.A.4. Otros sectores	Diferencia (%)	-4,1 %	2,7 %	4,8 %	5,0 %	16,4 %	15,6 %	17,5 %	13,4 %
1.A.4. Otros sectores	Efecto en total de categoría 1.A. (%)	-0,6 %	0,3 %	0,6 %	0,6 %	1,6 %	1,4 %	1,9 %	1,4 %
1.A.4. Otros sectores	Efecto en total neto de categoría (%)	-0,6 %	0,3 %	0,6 %	0,6 %	1,6 %	1,4 %	1,9 %	1,4 %
1.A. Actividades de quema de combustibles	BTR1	46.329,1	54.645,9	56.458,4	59.092,4	71.674,9	83.252,3	77.402,1	84.339,2
1.A. Actividades de quema de combustibles	BTR2	45.027,6	54.303,1	56.065,9	56.267,5	72.073,6	80.257,9	76.803,3	82.665,8
1.A. Actividades de quema de combustibles	Diferencia	- 1.301,4	- 342,8	- 392,5	- 2.824,9	398,8	- 2.994,4	- 598,8	- 1.673,4
1.A. Actividades de quema de combustibles	Diferencia (%)	-2,8 %	-0,6 %	-0,7 %	-4,8 %	0,6 %	-3,6 %	-0,8 %	-2,0 %
1.A. Actividades de quema de combustibles	Efecto en total de sector (%)	-2,6 %	-0,6 %	-0,6 %	-4,4 %	0,5 %	-3,2 %	-0,7 %	-1,8 %
1.A. Actividades de quema de combustibles	Efecto en total neto de sector (%)	-2,6 %	-0,6 %	-0,6 %	-4,4 %	0,5 %	-3,2 %	-0,7 %	-1,8 %
1. Energía	BTR1	50.237,0	59.374,7	61.711,1	64.294,8	79.808,4	93.066,8	84.988,7	91.610,6
1. Energía	BTR2	51.104,3	61.832,3	64.714,9	64.338,8	83.872,1	93.474,7	86.999,9	92.956,9
1. Energía	Diferencia	867,3	2.457,6	3.003,8	44,0	4.063,7	407,9	2.011,2	1.346,4
1. Energía	Diferencia (%)	1,7 %	4,1 %	4,9 %	0,1 %	5,1 %	0,4 %	2,4 %	1,5 %

Fuente: Elaboración propia

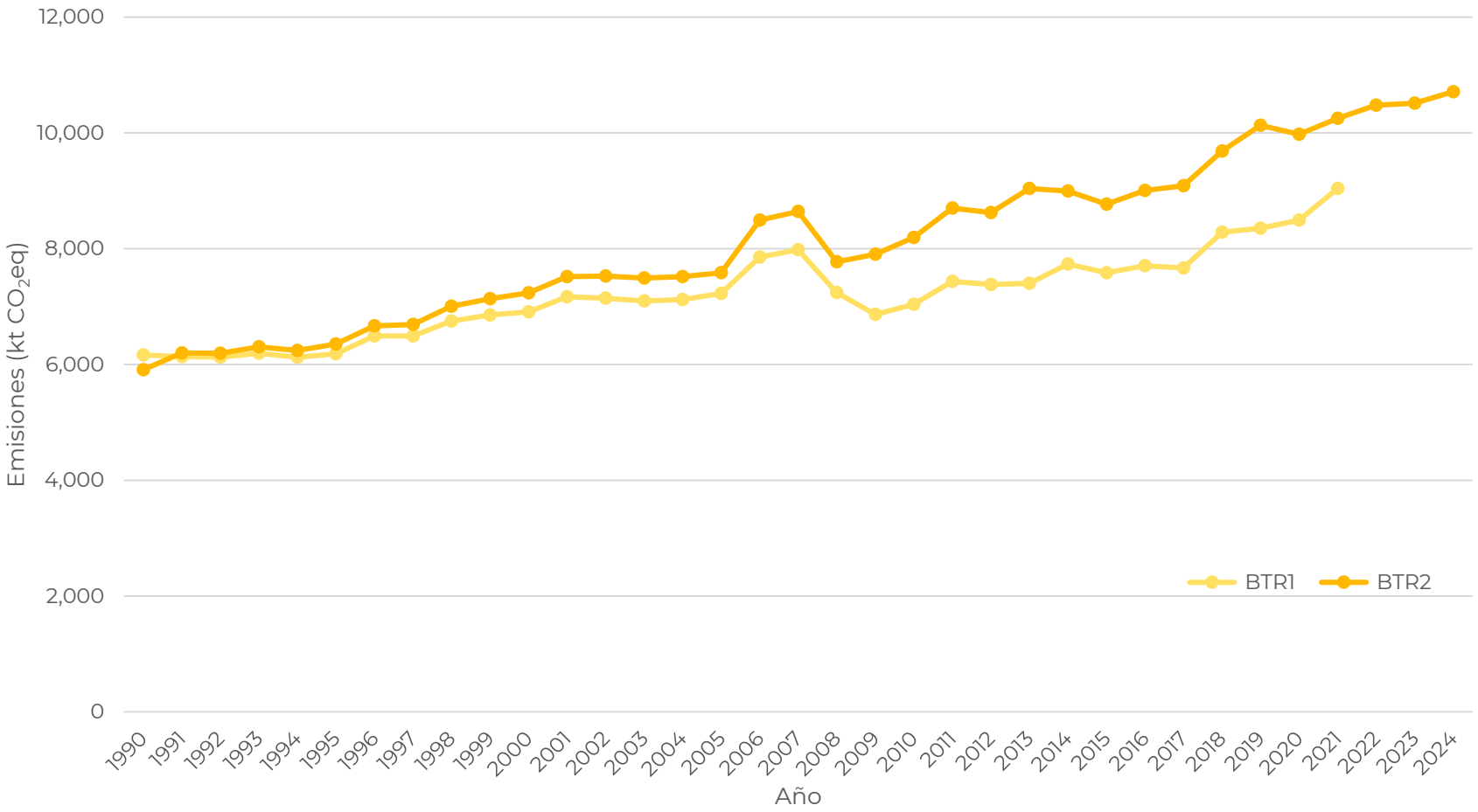


Figura 3-43. Otros sectores: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2), 1990-2024.

Fuente: Elaboración propia

3.2.9.7 Mejoras planeadas de la subcategoría

Las mejoras planeadas para la presente subcategoría se orientan a fortalecer la calidad, representatividad, consistencia temporal y trazabilidad de en la estimación de emisiones. Estas actividades priorizadas responden a las oportunidades de mejora identificadas a partir de los procesos de control de calidad (QA/QC), análisis de incertidumbre y revisión de la disponibilidad de información sectorial, así como a las recomendaciones formuladas procesos de examen por pares u otros procesos de revisión o análisis previos. Su implementación se desarrollará en articulación con las entidades competentes, con el fin de avanzar hacia el uso de información más precisa, reduciendo la dependencia de supuestos y variables proxy, y asegurando la coherencia con las Directrices del IPCC.

Las actividades específicas priorizadas para esta subcategoría se presentan en la Tabla 3-55, en la cual se detallan las oportunidades de mejora, los periodos de implementación, los actores responsables y la priorización correspondiente.

Tabla 3-55. Otros sectores. Plan de mejora

Subcategoría	Actividad propuesta de mejora	Periodo	Actores	Priorización
1.A.4 Otros sectores.	Evaluar, en articulación con las entidades sectoriales competentes, el posible uso de biocombustibles en las diferentes categorías y subcategorías del sector Energía, con el fin de verificar su relevancia, correcta asignación sectorial y la completitud de la cobertura del inventario. Este ejercicio permitirá identificar y documentar, cuando aplique, el uso de combustibles mezclados o sustitutos, evitando omisiones o dobles contabilizaciones en la estimación de emisiones, en coherencia con las Directrices del IPCC.	1990-2024	Ideam	BTR4 - 2030
1.A.4.a. Comercial institucional	En articulación con las entidades competentes, fortalecer la disponibilidad y cobertura de la información sobre el aprovechamiento energético de biogás en rellenos sanitarios y plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR), promoviendo el respectivo reporte de información, con el fin de incrementar la representatividad y robustez de las estimaciones de emisiones y remociones	1990-2024	Minvivienda, SSPD, UAESP, UPME	BTR3 - 2028
1.A.4.b. Residencial	En articulación con las entidades competentes, fortalecer la transparencia metodológica y la representatividad de las estimaciones de consumo de leña, mediante la documentación de decisiones metodológicas y la evaluación de factores de emisión específicos para condiciones nacionales.	1990-2024	UPME, Minenergía	BTR4 - 2030

Fuente: Elaboración propia

3.2.10 Otro (no especificado en otra parte) (CRT 1.A.5)

En Colombia no se identifican actividades que correspondan a la categoría 1.A.5 Otros. En consecuencia, no se estiman emisiones para esta categoría en el inventario nacional.

3.3 Emisiones fugitivas de combustibles (CRT 1.B)

3.3.1 Descripción y tendencia de las emisiones y absorciones atmosféricas de la categoría

La categoría 1.B. Emisiones fugitivas corresponden a liberaciones intencionales o no intencionales de gases de efecto invernadero generadas durante la extracción, procesamiento, transformación y entrega de combustibles fósiles hasta el punto de uso final.

De acuerdo con las Directrices del IPCC (2006) (Carras et al., 2006a) y su Refinamiento de 2019 (Boettcher et al., 2019), esta categoría se divide en dos subcategorías principales: 1.B.1. Combustibles sólidos, que incluye las emisiones fugitivas asociadas a la minería del carbón, y 1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía, que comprende las emisiones provenientes de las actividades de producción, procesamiento y transporte de petróleo y gas natural, así como las emisiones por venteo y quema en antorcha.

En Colombia, las emisiones fugitivas constituyen una fuente relevante dentro del sector Energía debido a la importancia de la producción de carbón, petróleo y gas natural en la economía nacional. Su estimación permite reflejar las emisiones asociadas a la cadena de suministro de los combustibles fósiles.

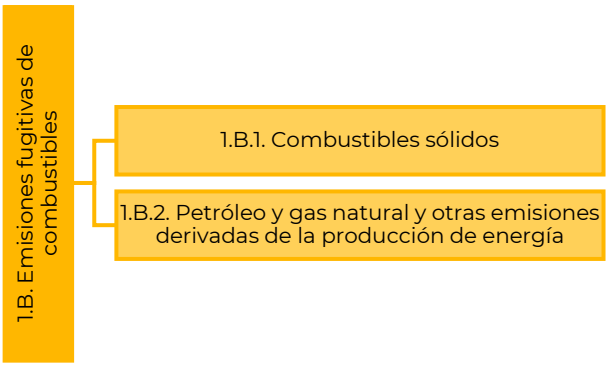


Figura 3-44. Emisiones fugitivas: Subcategorías estimadas en la categoría Emisiones fugitivas

Las emisiones de la categoría 1.B. Emisiones fugitivas de combustibles alcanzaron 9.550,1 kt CO_2eq en 2024, lo que representa una disminución de 11,9 % respecto a 2023 y de 15,4 % frente al máximo registrado en 2015 (13.216,8 kt CO_2eq). A lo largo de la serie 1990-2024, las emisiones presentaron una tendencia creciente hasta mediados de la década de 2010, seguida de una reducción y estabilización en niveles inferiores durante los años recientes. Entre 1990 y 2024, las emisiones aumentaron 57,2 %, pasando de 6.076,7 kt CO_2eq a 9.550,1 kt CO_2eq.

Tabla 3-56. Actividades de quema de combustibles: Emisiones totales de GEI por categoría y subcategoría (kt CO_2eq)

Categoría	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
1.B.1. Combustibles sólidos	1.555,0	1.677,5	1.537,1	2.182,5	3.091,7	3.554,8	2.900,7	3.157,2	3.812,9	3.532,4	2.423,8
1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	4.521,7	5.851,8	7.111,8	5.888,7	8.706,8	9.662,0	7.295,9	7.134,0	7.480,9	7.311,3	7.126,3
1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	**6.076,7**	**7.529,2**	**8.649,0**	**8.071,3**	**11.798,5**	**13.216,8**	**10.196,6**	**10.291,1**	**11.293,9**	**10.843,7**	**9.550,1**

Fuente: Elaboración propia.

La categoría está dominada por las emisiones asociadas a 1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía, que en 2024 aportaron 7.126,3 kt CO_2eq, equivalentes al 74,6 % del total de emisiones fugitivas. Por su parte, 1.B.1. Combustibles sólidos contribuyó con 2.423,8 kt CO_2eq, correspondientes al 25,4 % del total. Esta distribución se ha mantenido relativamente constante durante los últimos años, reflejando el predominio de las actividades asociadas a la cadena de producción y manejo de hidrocarburos.

Las emisiones de 1.B.1. Combustibles sólidos mostraron un crecimiento sostenido entre 1990 y 2022, pasando de 1.555,0 kt CO_2eq a un máximo de 3.812,9 kt CO_2eq. Sin embargo, a partir de este último año se observa una reducción significativa, alcanzando 2.423,8 kt CO_2eq en 2024, lo que representa una disminución de 36,4 % respecto a 2022 y de 31,4 % frente a 2023. Este comportamiento sugiere una reducción reciente de las emisiones asociadas a la extracción y manejo de combustibles sólidos, aunque también puede estar influenciado por cambios en la distribución territorial de la producción y en las características de los sitios de extracción.

Por su parte, las emisiones de 1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía aumentaron de 4.521,7 kt CO_2eq en 1990 a un máximo de 9.662,0 kt CO_2eq en 2015. Posteriormente presentaron una tendencia descendente moderada, situándose en 7.126,3 kt CO_2eq en 2024. Aunque esta subcategoría continúa siendo la principal fuente de emisiones fugitivas del sector energía, las emisiones de 2024 fueron 26,2 % inferiores a las registradas en 2015.

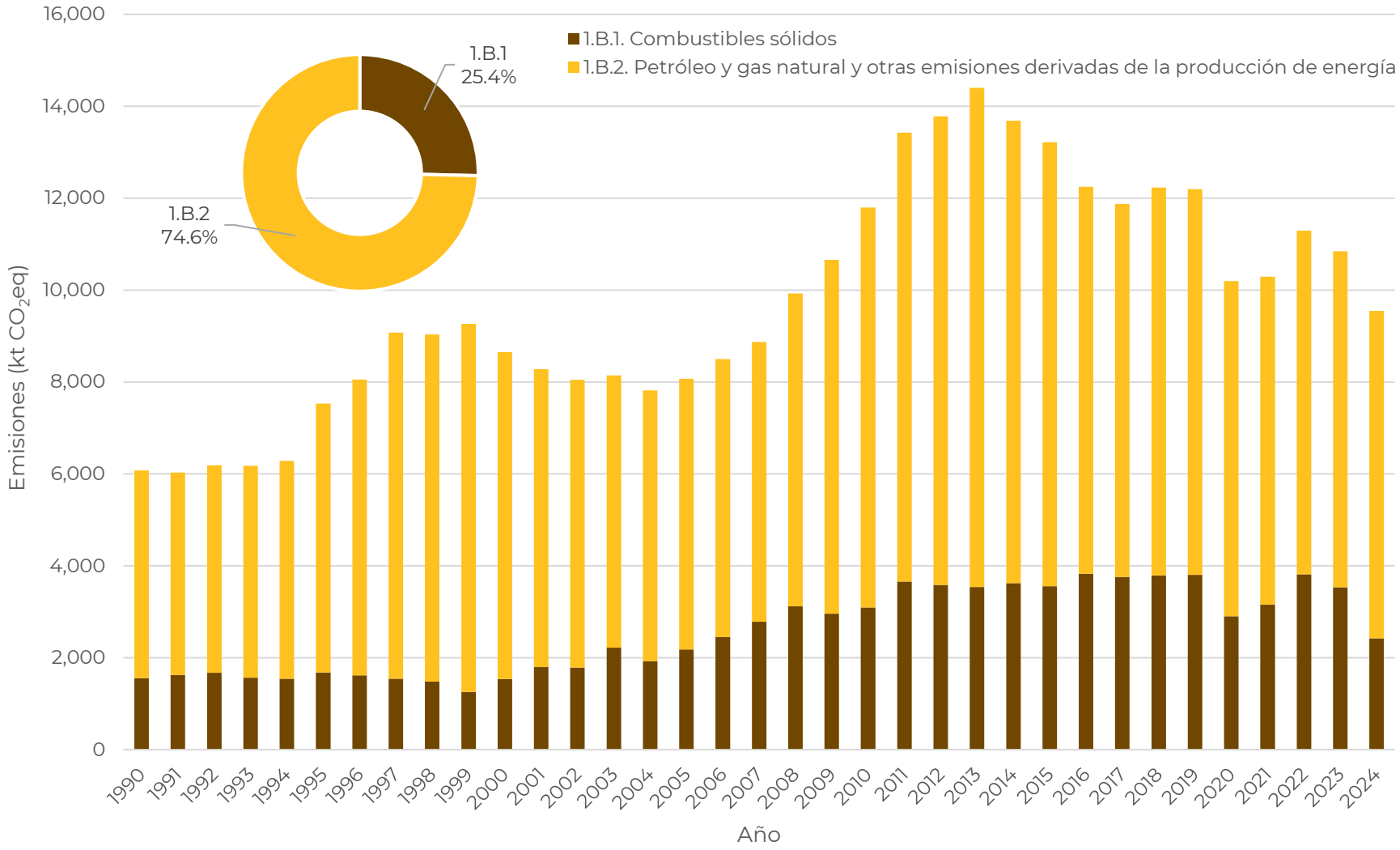


Figura 3-45. Emisiones fugitivas: Emisiones totales de GEI por subcategoría (kt CO_2eq), 1990-2024

Fuente: Elaboración propia

Las emisiones fugitivas están dominadas por el CH_4, que en 2024 representó aproximadamente el 85,9 % de las emisiones totales de la categoría, seguido por el CO_2 (13,9 %) y el N_2O (0,1 %). Esta composición responde a que el metano es un gas naturalmente asociado a los combustibles fósiles, particularmente al gas natural, al petróleo y al carbón, y puede ser liberado a la atmósfera durante las etapas de extracción, procesamiento, manejo, almacenamiento y transporte. Por su parte, la participación del CO_2 se explica principalmente por la quema en tea o antorcha en los sistemas de petróleo y gas natural, mientras que el N_2O presenta una contribución marginal dentro de la categoría.

Tabla 3-57. Emisiones fugitivas: Emisiones totales de GEI (kt CO_2eq)

GEI	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
CO_2	4.916,0	6.022,8	6.904,3	6.646,5	9.733,2	10.976,3	8.931,0	8.966,0	9.736,4	9.437,1	8.204,5
CH_4	1.147,8	1.489,2	1.724,5	1.409,0	2.041,8	2.214,6	1.252,7	1.311,7	1.541,5	1.392,6	1.331,7
N_2O	12,9	17,2	20,3	15,8	23,6	25,9	12,9	13,5	16,0	14,0	14,0
Total	**6.076,7**	**7.529,2**	**8.649,0**	**8.071,3**	**11.798,5**	**13.216,8**	**10.196,6**	**10.291,1**	**11.293,9**	**10.843,7**	**9.550,1**

Fuente: Elaboración propia

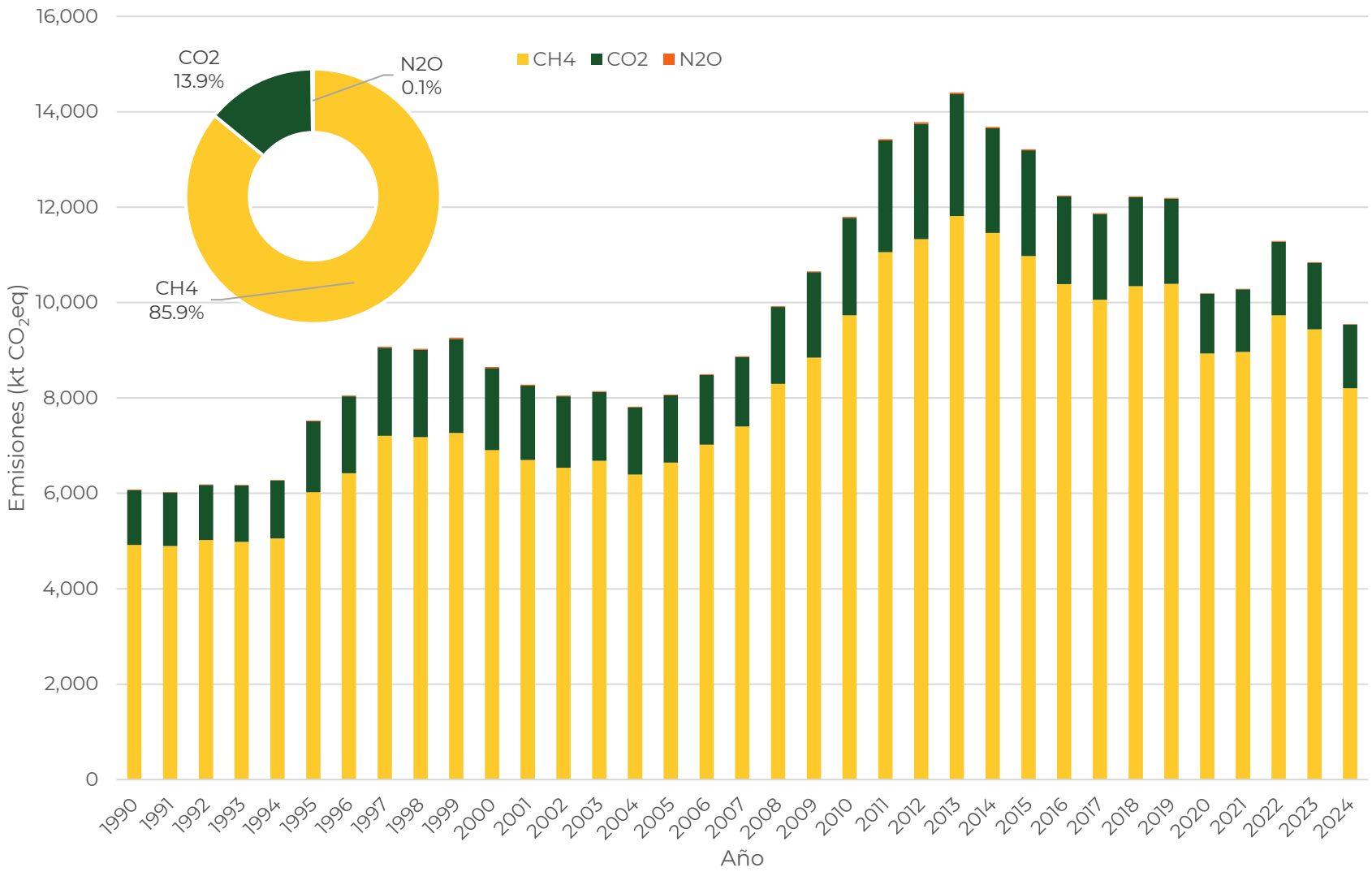


Figura 3-46. Emisiones fugitivas: Emisiones por tipo de GEI (kt CO_2eq), 1990-2024,

Fuente: Elaboración propia

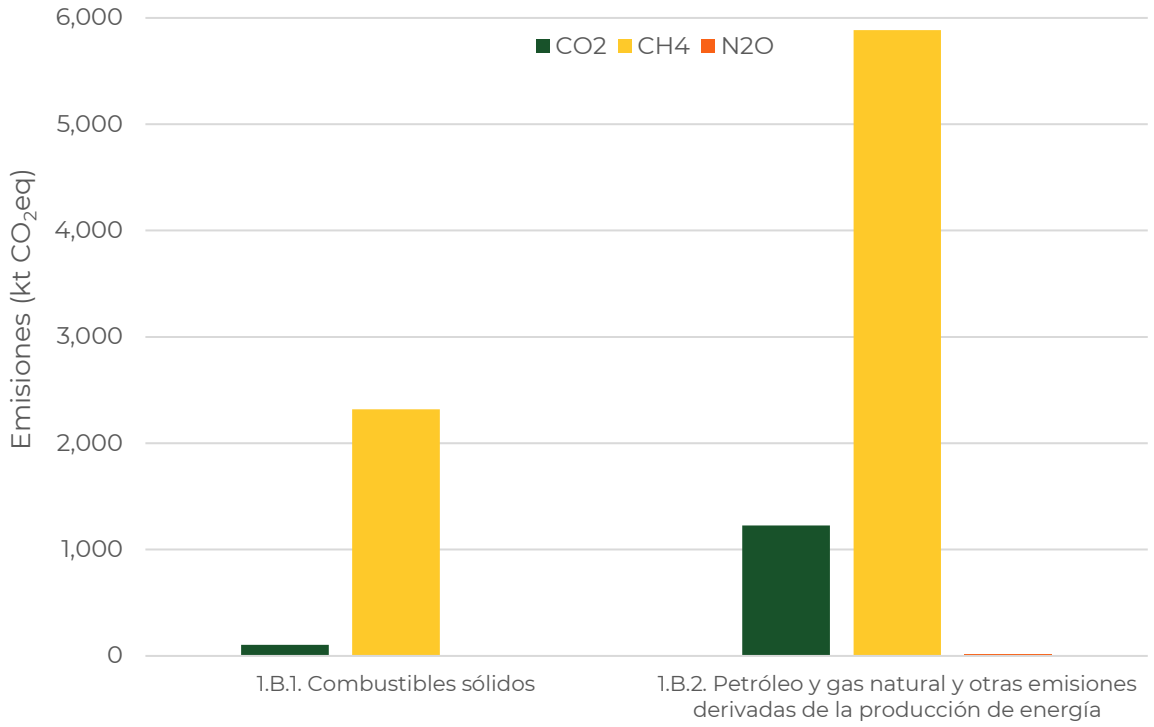


Figura 3-47. Emisiones fugitivas: Emisiones por GEI (kt CO_2eq), 2024..

Fuente: Elaboración propia

Las emisiones de contaminantes criterio y carbono negro asociadas a la categoría 1.B. Emisiones fugitivas de combustibles fueron estimadas siguiendo las Guías EMEP/EEA 2019, considerando las actividades relacionadas con la extracción, procesamiento, almacenamiento y transporte de combustibles sólidos, petróleo y gas natural. En 2024, las mayores emisiones correspondieron a COVDM (165,0 kt), SO_X (5,4 kt), PM_{10} (3,1 kt), CO (2,5 kt) y NO_X (0,8 kt), mientras que las emisiones de CN alcanzaron 0,11 kt.

A lo largo de la serie temporal, los COVDM constituyeron el contaminante predominante, aumentando de 75,4 kt en 1990 a 165,0 kt en 2024, equivalente a un incremento de 118,8 %, aunque con un máximo de 210,7 kt en 2015. Las emisiones de SO_X aumentaron 74,2 %, al pasar de 3,1 kt a 5,4 kt; las de PM_{10} crecieron 210,0 %, de 1,0 kt a 3,1 kt; y las de CO pasaron de 0,8 kt a 2,5 kt, con un incremento de 212,5 %. Por su parte, las emisiones de NO_X se duplicaron, pasando de 0,4 kt a 0,8 kt, mientras que el CN aumentó de 0,018 kt a 0,11 kt

Tabla 3-58. Emisiones fugitivas: Emisiones totales carbono negro y contaminantes criterio (kt)

Fuente	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
CN	1,8,E^{-02}	2,0,E^{-02}	1,6,E^{-02}	1,4,E^{-02}	7,4,E^{-02}	6,0,E^{-02}	1,0,E^{-01}	1,2,E^{-01}	1,3,E^{-01}	1,1,E^{-01}	1,1,E^{-01}
CO	0,8	0,9	0,9	0,9	1,8	1,4	2,3	2,7	2,8	2,5	2,5
COVDM	75,4	94,4	123,4	129,4	178,2	210,7	167,0	169,5	173,2	175,9	165,0
NH_3	2,3,E^{-03}	2,4,E^{-03}	2,0,E^{-03}	1,7,E^{-03}	9,2,E^{-03}	7,5,E^{-03}	1,3,E^{-02}	1,5,E^{-02}	1,6,E^{-02}	1,3,E^{-02}	1,3,E^{-02}
NO_X	0,4	0,5	0,6	0,6	0,6	0,4	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8
PM_{10}	1,0	1,2	1,8	2,7	3,6	4,0	3,0	3,4	3,5	3,5	3,1
$PM_{2.5}$	0,2	0,2	0,3	0,4	0,6	0,6	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6
SO_X	3,1	3,4	3,9	4,0	3,9	3,0	4,3	4,7	4,7	5,4	5,4

Fuente: Elaboración propia

La predominancia del CH_4 dentro de las emisiones de GEI y de los COVDM dentro de los contaminantes criterio responde a la naturaleza de las emisiones fugitivas. Ambos contaminantes están asociados a pérdidas, fugas, venteos y evaporación de hidrocarburos durante las actividades de extracción, procesamiento, almacenamiento y transporte de combustibles fósiles. Mientras que el CH_4 representa la fracción de metano liberada

directamente a la atmósfera, los COVDM agrupan otros compuestos orgánicos volátiles presentes en el petróleo, el gas natural y sus derivados. Por esta razón, ambos contaminantes suelen presentar las mayores contribuciones dentro de sus respectivos grupos de emisiones en las categorías fugitivas.

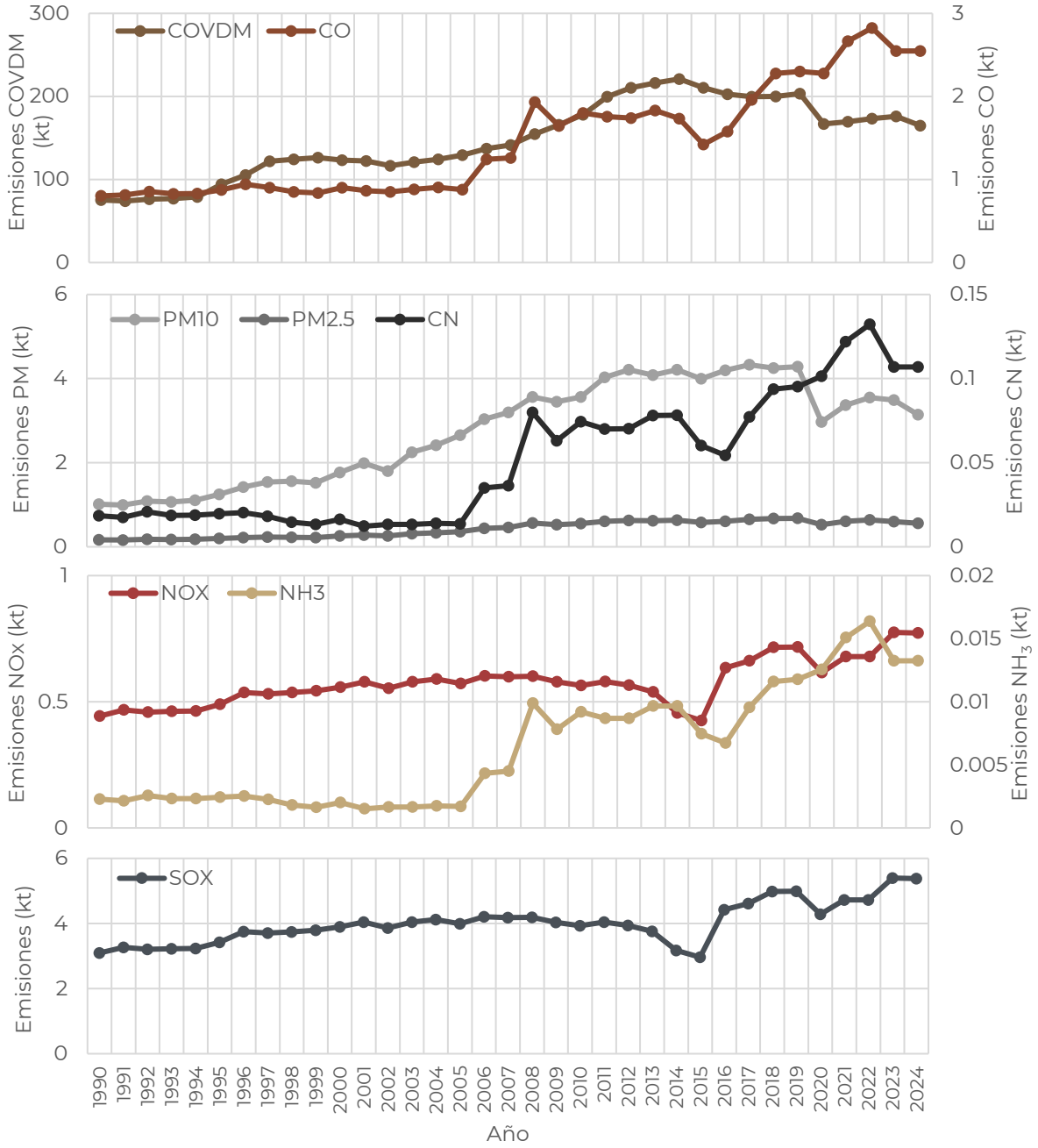


Figura 3-48. Emisiones fugitivas: Emisiones por tipo de contaminante (kt), 1990-2024

Fuente: Elaboración propia

3.3.2 Aspectos metodológicos de la categoría

La estimación de las emisiones de la categoría 1.B. Emisiones fugitivas de combustibles se realizó siguiendo las metodologías establecidas en las Directrices del IPCC 2006, complementadas con el Refinamiento de 2019 a las Directrices del IPCC de 2006 para los aspectos metodológicos aplicables.

Durante el presente ciclo de reporte se implementó un conjunto sustancial de mejoras metodológicas, de datos y de procedimientos, orientadas a fortalecer la calidad, coherencia y transparencia del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero. Para la categoría 1.B.2. Petróleo y gas natural, durante el presente ciclo de reporte se implementaron mejoras metodológicas y de datos mediante la aplicación del Refinamiento de 2019 a las Directrices del IPCC de 2006. Asimismo, con base en información nacional gestionada con la Agencia Nacional de Hidrocarburos y el Ministerio de Minas y Energía, se incorporaron datos del segmento upstream relacionados con fugas y quema en tea en los sistemas de petróleo y gas natural. Estas mejoras permitieron construir estimaciones nacionales más consistentes para la serie histórica de emisiones fugitivas de esta categoría.

En materia de datos, para la categoría 1.B se fortaleció la articulación con el Ministerio de Minas y Energía y la Agencia Nacional de Hidrocarburos, con el fin de consolidar información nacional sobre fugas y quema en tea en las actividades de exploración y explotación de petróleo y gas natural. Este proceso se enmarca en los avances regulatorios asociados a la Resolución 40066 de 2022 y su modificación mediante la Resolución 40317 de 2023, que establecen requerimientos técnicos para la detección y reparación de fugas, así como para el aprovechamiento, quema y venteo de gas natural. De esta manera, se avanzó hacia un mecanismo periódico de captura de información por parte de los operadores, lo que permitirá que los inventarios sectoriales y nacionales reflejen con mayor precisión los esfuerzos del sector en la gestión y mitigación de emisiones fugitivas. Para combustibles sólidos, se incorporaron mejoras en la información reportada por la UPME y la Agencia Nacional de Minería sobre la producción de carbón, lo que permitió realizar un seguimiento más detallado de las variaciones históricas por departamento. Esta mejora en la caracterización territorial de la actividad minera incidió en la serie histórica estimada durante el presente ciclo de inventario.

Para la subcategoría 1.B.1. Combustibles sólidos, las emisiones de CH_4 fueron estimadas mediante un enfoque Tier 2, empleando información específica de la actividad minera y factores de emisión representativos de las condiciones nacionales. Por su parte, las emisiones de CO_2 fueron estimadas utilizando un enfoque Tier 1, mientras que las emisiones de N_2O no son consideradas dentro de esta subcategoría de acuerdo con las directrices metodológicas del IPCC. Para la subcategoría 1.B.2. Petróleo y gas natural, en este ciclo de inventario se implementó por primera vez el Refinamiento de 2019 a las Directrices del IPCC de 2006, lo que permitió estimar las emisiones por segmentos de los sistemas de petróleo y gas, incluyendo fugas, venteos y quema en tea. Para las emisiones asociadas a la producción en sistemas de petróleo, así como a la producción y procesamiento en sistemas de gas natural, se utilizó información nacional reportada por las operadoras, a partir de la cual se desarrollaron factores de emisión propios. Para los demás segmentos de la categoría se emplearon los factores de emisión Tier 1 propuestos en el Refinamiento de 2019.

Las emisiones de contaminantes criterio y carbono negro fueron estimadas siguiendo las recomendaciones de las Guías EMEP/EEA 2019 para fuentes fugitivas del sector energético. En particular, se estimaron las emisiones de CN, CO, COVDM, SO_X, NO_X, $PM_{2.5}$ y PM_{10}, aplicando metodologías Tier 1 basadas en factores de emisión por actividad. Estas estimaciones permiten complementar la evaluación de los impactos atmosféricos asociados a las actividades de extracción y manejo de combustibles fósiles, más allá de los gases de efecto invernadero.

El detalle de las fuentes de información, supuestos, factores de emisión y procedimientos de cálculo utilizados para cada una de las subcategorías se presenta en las secciones 3.3.3.2 y 3.3.4.2, correspondientes a combustibles sólidos y petróleo y gas natural, respectivamente.

3.3.2.1 Datos de actividad de la categoría

La estimación de las emisiones fugitivas de la categoría 1.B se fundamentó en la integración de registros administrativos, sistemas de monitoreo sectorial y estudios técnicos desarrollados *in situ*, cubriendo la serie temporal 1990–2024. Este proceso se orientó a fortalecer la representatividad nacional de las estimaciones, incorporando la variabilidad geológica y operativa característica de las diferentes cuencas productoras del país.

La selección de las fuentes de información se realizó bajo criterios de oficialidad, cobertura y nivel de desagregación. En el caso de la categoría 1.B.1 Combustibles sólidos, la información primaria provino del Sistema de Información Minero Colombiano (SIMCO) (Unidad de Planeación Minero Energética, 2024), el cual suministró datos de producción física de carbón desglosados por departamento. El uso de esta información a nivel departamental resultó fundamental debido a que los factores de emisión disponibles para Colombia reflejan diferencias regionales en el contenido de metano de los mantos de carbón. Dichos factores se derivaron de estudios nacionales basados en pruebas de desorción, utilizadas para determinar el contenido de CH_4 en muestras de carbón y desarrollar factores específicos por cuenca, asociados a los departamentos productores.

Por su parte, la información relacionada con la producción de coque se obtuvo del Balance Energético Colombiano (BECO) (Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), 2025).

De manera complementaria, para la categoría 1.B.2 Petróleo y gas natural, los datos se recopilaron a través del sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRVme) del Ministerio de Minas y Energía, integrando reportes de la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) y Ecopetrol. Estas fuentes permitieron caracterizar la actividad en los segmentos de exploración, producción (upstream), transporte (midstream) y refinación (downstream), proporcionando una base sólida para la estimación de las emisiones fugitivas asociadas al sector.

Con el fin de garantizar la coherencia de la serie temporal 1990–2024, se aplicaron metodologías diferenciadas según las características de cada subcategoría. Para la categoría 1.B.1 Combustibles sólidos no fue necesario implementar técnicas de empalme, ya que se contó con registros oficiales consistentes y completos para todo el periodo analizado, permitiendo mantener una serie histórica continua sin requerir procedimientos de reconstrucción adicionales.

En contraste, para la categoría 1.B.2 Petróleo y gas natural fue necesario desarrollar procesos de reconstrucción de información que permitieran consolidar una serie histórica consistente. Para ello, se reconstruyeron variables de actividad a partir de la información reportada en el MRVme del Ministerio de Minas y Energía, incluyendo pozos perforados, petróleo transportado y gas transmitido. Asimismo, con base en la información operativa reportada por las empresas operadoras para 2023, se elaboró una base campo–facilidad para el periodo 2013–2023. Las facilidades corresponden a instalaciones donde se recibe, acopia, separa, trata o acondiciona la producción de petróleo y gas antes de su transporte o entrega a otros segmentos del sistema. Esta base permitió establecer relaciones entre los campos productores y las facilidades operativas, facilitando la modelación de las emisiones fugitivas por segmento del sistema de petróleo y gas natural.

En cuanto a los supuestos metodológicos, para la estimación de la categoría 1.B.1 Combustibles sólidos uno de los principales correspondió a la asignación del tipo de minería a nivel departamental. Esto implica que, para efectos de la estimación, se consideró un tipo de minería predominante por departamento, de acuerdo con la información disponible y los factores de emisión aplicables. Esta decisión permitió mantener la consistencia de la serie histórica y aplicar factores diferenciados que reflejan las condiciones regionales de producción de carbón.

Por otra parte, se identificó como brecha de información la ausencia de un inventario nacional consolidado de minas subterráneas abandonadas, lo que limita la estimación de las emisiones residuales de CH_4 asociadas a este tipo de fuentes. Esta limitación constituye un aspecto relevante para futuros procesos de mejora y fortalecimiento del inventario nacional.

Finalmente, para la categoría 1.B.2 Petróleo y gas natural, la información suministrada por la Agencia Nacional de Hidrocarburos corresponde a datos operativos reportados por las empresas del sector. Debido a la naturaleza sensible de esta información, su tratamiento se realizó de forma anonimizada y agregada, garantizando su utilización para fines de estimación del inventario sin comprometer información comercial, operativa o estratégica de los operadores.

3.3.2.2 Factores de emisión aplicados en la categoría

La selección y el desarrollo de los factores de emisión para la categoría 1.B Emisiones fugitivas de combustibles constituyó uno de los principales avances técnicos alcanzados durante este ciclo de inventario. En este contexto, Colombia avanzó desde la utilización de valores genéricos hacia la implementación de factores de emisión país-específicos de Nivel 2 y Nivel 3, sustentados en investigaciones geológicas realizadas *in situ* y en el procesamiento de información operativa proveniente del sector de hidrocarburos. Esta evolución metodológica permitió representar de manera más adecuada las condiciones nacionales y mejorar la precisión de las estimaciones.

Para la cuantificación de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), Carbono Negro (CN) y contaminantes criterio, se empleó una combinación de factores de emisión nacionales y factores por defecto, seleccionados de acuerdo con la disponibilidad de información y el nivel metodológico alcanzado en cada subcategoría.

En el caso de la categoría 1.B.1 Combustibles sólidos, las emisiones de CH_4 se estimaron mediante un enfoque Tier 2 fundamentado en un esfuerzo técnico interinstitucional liderado por la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME), el Servicio Geológico Colombiano (SGC) y la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC) (Unidad de Planeación Minero Energética & Servicio Geológico Colombiano, 2016). Estos factores nacionales se desarrollaron a partir de pruebas de desorción realizadas en equipos tipo cánister sobre muestras de carbón obtenidas mediante perforaciones corazonadas en cuencas estratégicas como Cundinamarca, Boyacá, Antioquia, La Guajira y Cesar. Gracias a esta metodología fue posible capturar la variabilidad geológica existente en el país, diferenciando factores de emisión para minería subterránea y minería de superficie a nivel departamental. Como resultado, para la minería subterránea se identificaron variaciones significativas, con factores que oscilan entre 1,95 m^3 CH_4/t en Casanare y 13,03 m^3 CH_4/t en Cundinamarca.

Por su parte, las emisiones de CO_2 en esta subcategoría se estimaron mediante un enfoque Tier 1, utilizando los factores por defecto incluidos en el Refinamiento de 2019 de las Directrices del IPCC de 2006 (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006a, 2019a), específicamente para las actividades desarrolladas en minas de superficie. En cuanto al N_2O, y en concordancia con las directrices internacionales para esta subcategoría, estas emisiones no se consideraron dentro de las estimaciones, dado que no existe una base metodológica que justifique su ocurrencia significativa en este tipo de procesos.

De manera complementaria, para la estimación de Carbono Negro y contaminantes criterio en la categoría 1.B.1, se aplicó un enfoque Tier 1 basado íntegramente en la Guía de Inventarios de Emisiones de Contaminantes Atmosféricos (European Environment Agency, 2019). Los factores correspondientes a CN, CO, COVDM, NO_x, SO_x,

PM_{10} y $PM_{2.5}$ se asociaron de manera constante a lo largo de toda la serie temporal a los procesos de extracción, manipulación de carbón y transformación de coque, permitiendo cuantificar los impactos atmosféricos asociados más allá de las emisiones de gases de efecto invernadero.

En la categoría 1.B.2 Petróleo y gas natural, Colombia adoptó, a partir de este reporte, las metodologías contenidas en el Refinamiento de 2019 de las Directrices del IPCC de 2006, lo que permitió una representación mucho más detallada de la cadena de hidrocarburos. Para ello, la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) consolidó la información reportada por las empresas operadoras del segmento (upstream), incluyendo datos relacionados con líneas base de fugas y eficiencia de quema en tea a nivel de facilidad. Debido a que esta información se encuentra reportada por instalaciones operativas, mientras que parte de los datos de actividad está disponible a nivel de campo, fue necesario desarrollar un ejercicio de relacionamiento entre campos productores, facilidades y emisiones reportadas.

Este procedimiento permitió reconstruir la serie de emisiones asociadas tanto a fugas como a quema en tea y, adicionalmente, desarrollar factores de emisión nacionales vinculados a los datos de actividad disponibles. A diferencia de los factores de emisión fijos, estos factores reflejan variaciones temporales asociadas a cambios operativos, tecnológicos y de gestión en los sistemas de petróleo y gas natural, proporcionando una representación más realista de la evolución de las emisiones.

En el caso de los gases de efecto invernadero, los enfoques Tier 2 y Tier 3 para CO_2, CH_4 y N_2O se aplicaron exclusivamente a los segmentos (upstream) de producción y procesamiento, específicamente para las fuentes asociadas a fugas de CO_2 y CH_4 y a la quema en antorcha de CO_2, CH_4 y N_2O. Estos factores nacionales se desarrollaron a partir de campañas de detección y cuantificación de fugas destinadas a la construcción de líneas base, así como de reportes de eficiencia de quemado en teas consolidados por la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) y el sistema MRVme.

Asimismo, estos factores nacionales se utilizaron específicamente para los años más recientes de la serie (2014–2024), periodo para el cual la disponibilidad de información operativa permitió capturar la variabilidad interanual de las emisiones.

Por otra parte, los factores Tier 1 para CO_2, CH_4 y N_2O se emplearon en los segmentos de transporte, refinación, transmisión, almacenamiento y distribución, así como en las actividades de venteo en general. En estos casos, las estimaciones se realizaron utilizando los factores por defecto establecidos en el Refinamiento de 2019 de las Directrices del IPCC.

De forma similar a lo realizado para los gases de efecto invernadero, las estimaciones de Carbono Negro y contaminantes criterio en la categoría 1.B.2 se desarrollaron mediante un enfoque Tier 1 basado íntegramente en la Guía de Inventarios de Emisiones de Contaminantes Atmosféricos EMEP/EEA 2019. Los factores correspondientes a CN, CO, COVDM, NO_x, SO_x, PM_{10} y $PM_{2.5}$ se consideraron constantes para toda la serie temporal y se asociaron a los procesos de extracción, manipulación y quema de hidrocarburos.

El desarrollo e implementación de factores de emisión nacionales para las categorías 1.B.1 y 1.B.2 permitió representar con mayor precisión las condiciones geológicas y operativas del país, así como reflejar los avances logrados por el sector en la gestión de las emisiones fugitivas. No obstante, persisten algunas limitaciones de información. En particular, para petróleo y gas natural, la información de líneas base de fugas se consolida a partir de campañas periódicas y no necesariamente mediante levantamientos anuales. Como consecuencia, la actualización de ciertos insumos puede requerir tiempos adicionales y procedimientos de reconstrucción orientados a mantener la consistencia de la serie histórica.

Adicionalmente, se identifica como una importante oportunidad de mejora el fortalecimiento de los mecanismos de captura de información sobre venteos, con el propósito de disponer de datos nacionales más completos y representativos para esta fuente de emisión. En este sentido, se continúa trabajando de manera articulada con la Agencia Nacional de Hidrocarburos y el Ministerio de Minas y Energía para mejorar progresivamente la disponibilidad, trazabilidad y calidad de la información utilizada tanto en los inventarios sectoriales como en el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero.

3.3.3 Combustibles sólidos (CRT 1.B.1)

3.3.3.1 Descripción y tendencia de la subcategoría

La categoría 1.B.1. Combustibles sólidos comprende las emisiones fugitivas asociadas a la minería carbonífera y al manejo del carbón, incluyendo tanto las emisiones generadas durante las actividades de extracción como aquellas que ocurren posteriormente durante las etapas de procesamiento, almacenamiento y manejo del mineral. Estas emisiones se originan principalmente por la liberación de gases atrapados en los mantos de carbón, especialmente metano (CH_4), aunque también puede presentarse dióxido de carbono (CO_2) en algunos yacimientos. La liberación de estos gases ocurre cuando el carbón y los estratos circundantes son expuestos o fracturados durante la explotación minera.

De acuerdo con las Directrices del IPCC 2006 (Carras et al., 2006a), la categoría se subdivide en emisiones provenientes de minas subterráneas y minas de superficie. Para cada tipo de minería, las directrices proporcionan factores de emisión diferenciados para las emisiones generadas durante las actividades de extracción y para aquellas que ocurren posteriormente, durante las etapas de manejo, procesamiento, almacenamiento y transporte del carbón. Adicionalmente, se reconoce que las minas subterráneas abandonadas pueden continuar liberando metano después del cierre de operaciones; no obstante, su incorporación dentro de la estimación nacional se encuentra aún en evaluación, en función de la disponibilidad y calidad de la información requerida.

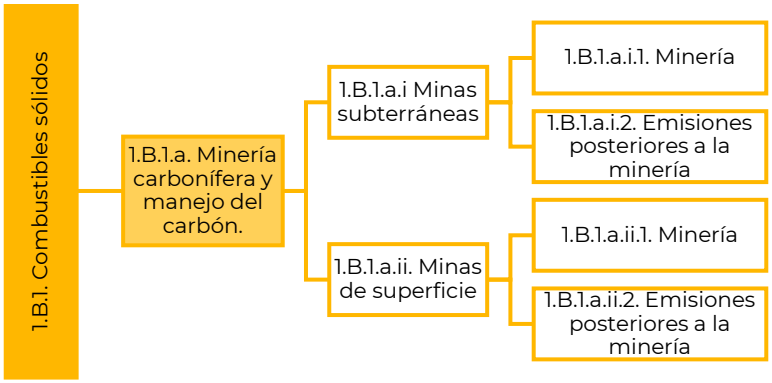


Figura 3-49. Combustibles sólidos: Subcategorías estimadas en la subcategoría Combustibles sólidos

Fuente: Elaboración propia

La producción de carbón en Colombia se desarrolla mediante dos tipos principales de explotación: minería subterránea, presente principalmente en los departamentos de Antioquia, Boyacá, Casanare, Cauca, Cundinamarca, Norte de Santander y Valle del Cauca; y minería de superficie, concentrada en los departamentos de Cesar, La Guajira, Córdoba y Santander. Estas diferencias en los métodos de explotación influyen directamente en los mecanismos de generación y liberación de emisiones fugitivas.

Las emisiones de esta categoría alcanzaron 2.423,8 kt CO_2eq en 2024, lo que representa el 25,4 % de las emisiones fugitivas del sector energía. A lo largo de la serie temporal, las emisiones mostraron una tendencia general creciente hasta alcanzar un máximo de 3.812,9 kt CO_2eq en 2022, seguida de una reducción de 7,4 % en 2023 y de 31,4 % en 2024, año en el cual las emisiones disminuyeron en 1.108,6 kt CO_2eq respecto al año anterior. La tendencia observada responde principalmente al comportamiento de la producción carbonífera del país y a su distribución entre las diferentes zonas productoras, dado que la estimación de emisiones depende tanto de la cantidad de carbón extraído y manejado como de los factores de emisión aplicables a cada zona carbonífera. En este sentido, cambios en la participación relativa de las distintas zonas dentro de la producción nacional pueden incidir en el nivel total de emisiones estimadas.

La evolución de las emisiones refleja estrechamente la dinámica de la producción nacional de carbón. El crecimiento observado entre comienzos de la década de 2000 y mediados de la década de 2010 coincide con la expansión de la actividad carbonífera, impulsada por el aumento de las exportaciones y el desarrollo de nuevos proyectos mineros, especialmente en los departamentos de Cesar y La Guajira. Entre 1990 y 2015 las emisiones aumentaron de 1.555,0 kt CO_2eq a 3.554,8 kt CO_2eq, impulsadas por la expansión de la actividad minera y el crecimiento de la producción destinada tanto al mercado interno como a la exportación. Posteriormente, las emisiones mostraron fluctuaciones asociadas a cambios en los niveles de explotación, alcanzando un máximo histórico de 3.812,9 kt CO_2eq en 2022. En 2024 las emisiones descendieron a 2.423,8 kt CO_2eq, lo que representa una reducción de 31,4 % respecto a 2023 y de 36,4 % frente al máximo registrado en 2022. Esta disminución es consistente con la reducción observada en la producción carbonífera durante los últimos años.

Tabla 3-59. Combustibles sólidos: Emisiones de GEI por categoría (kt CO_2eq)

Fuente	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
1.B.1.a. Minería carbonífera y manejo del carbón	1.555,0	1.677,5	1.537,1	2.182,5	3.091,7	3.554,8	2.900,7	3.157,2	3.812,9	3.532,4	2.423,8
1.B.1.a.i Minas subterráneas	1.236,0	1.235,2	766,5	943,5	1.578,6	1.778,6	1.814,7	1.929,1	2.596,9	2.252,6	1.208,5
1.B.1.a.i.1. Minería	966,0	965,2	599,4	737,1	1.231,7	1.387,4	1.415,9	1.504,9	2.026,8	1.758,4	943,3

Fuente	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
1.B.1.a.i.2. Emisiones posteriores a la minería	270,0	270,0	167,1	206,4	346,9	391,1	398,8	424,2	570,1	494,2	265,2
1.B.1.a.ii. Minas de superficie	319,0	442,2	770,7	1.239,0	1.513,1	1.776,3	1.086,0	1.228,0	1.216,0	1.279,8	1.215,3
1.B.1.a.ii.1. Minería	248,1	343,9	599,2	963,4	1.176,5	1.381,1	844,5	955,0	945,7	995,2	945,0
1.B.1.a.ii.2. Emisiones posteriores a la minería	70,9	98,4	171,4	275,6	336,6	395,1	241,5	273,1	270,3	284,5	270,3
1.B.1. Combustibles sólidos	**1.555,0**	**1.677,5**	**1.537,1**	**2.182,5**	**3.091,7**	**3.554,8**	**2.900,7**	**3.157,2**	**3.812,9**	**3.532,4**	**2.423,8**

Fuente: Elaboración propia

Las emisiones asociadas directamente a la actividad minera representaron la mayor proporción del total. En 2024, las emisiones generadas durante la extracción alcanzaron 1.888,3 kt CO_2eq, equivalentes al 77,9 % de la categoría, mientras que las emisiones posteriores a la minería aportaron 535,5 kt CO_2eq (22,1 %). Esta distribución ha permanecido relativamente estable durante la serie temporal, indicando que la liberación de gases ocurre predominantemente durante las operaciones de explotación de los mantos de carbón.

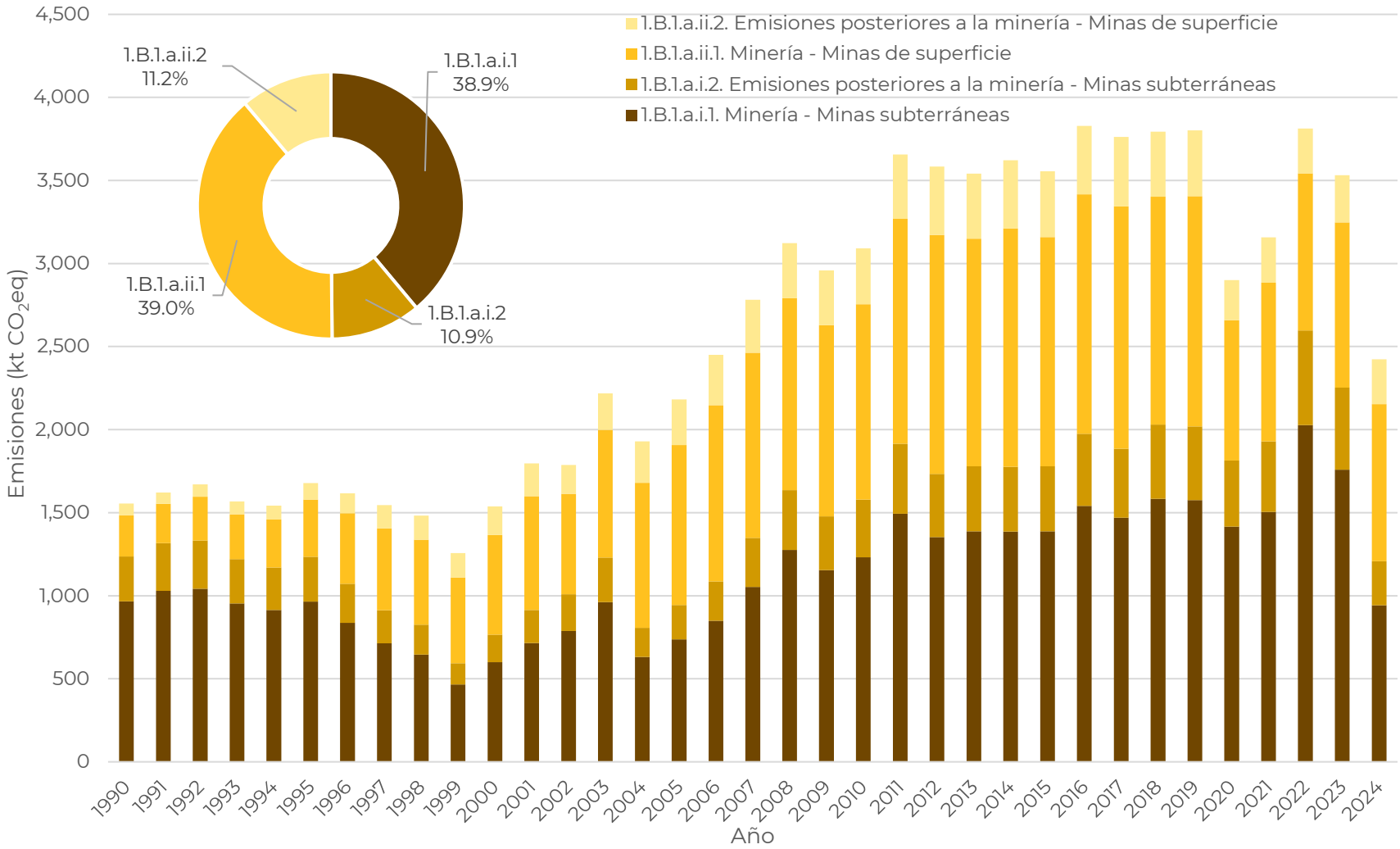


Figura 3-50. Emisiones fugitivas: Emisiones totales de GEI por subcategoría (kt CO_2eq), 1990-2024,

Fuente: Elaboración propia

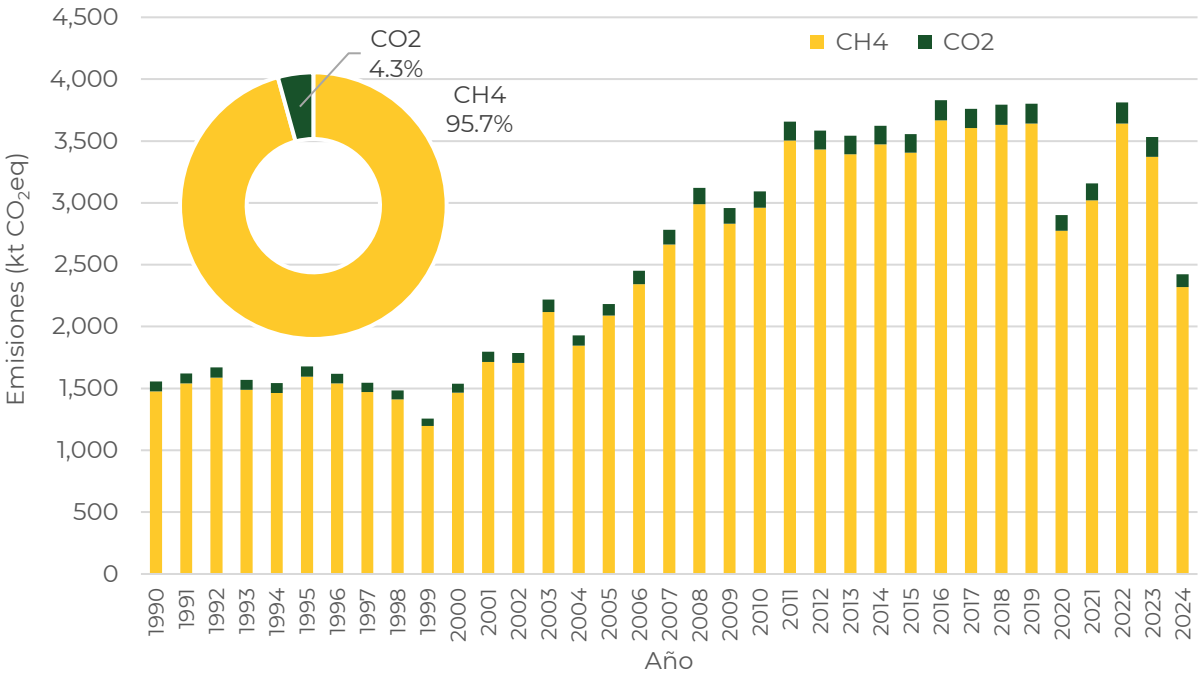


Figura 3-51. Minería carbonífera y manejo del carbón: Emisiones por GEI (kt CO_2eq), 1990 - 2024

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la composición por gas, las emisiones estuvieron dominadas por el CH_4, que representó 95,7 % del total en 2024, seguido por el CO_2 con 4,3 %. Esta distribución es consistente con la naturaleza de las emisiones fugitivas de la minería del carbón, donde el metano presente de forma natural en los mantos carboníferos es liberado durante la extracción y el manejo del mineral. Por esta razón, las variaciones observadas en las emisiones totales de la categoría están determinadas principalmente por la evolución de las emisiones de CH_4, mientras que la contribución del CO_2 permanece relativamente baja a lo largo de toda la serie temporal.

Tabla 3-60. Combustibles sólidos: Emisiones por tipo de GEI en la subcategoría de combustibles sólidos (kt CO_2eq)

GEI	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
CH_4	1.476,5	1.595,3	1.466,3	2.088,1	2.960,9	3.406,0	2.773,6	3.020,3	3.640,1	3.373,0	2.319,9
CO_2	78,5	82,2	70,8	94,5	130,9	148,8	127,1	136,9	172,9	159,4	104,0
N_2O	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Total	**1.555,0**	**1.677,5**	**1.537,1**	**2.182,5**	**3.091,7**	**3.554,8**	**2.900,7**	**3.157,2**	**3.812,9**	**3.532,4**	**2.423,8**

Fuente: Elaboración propia

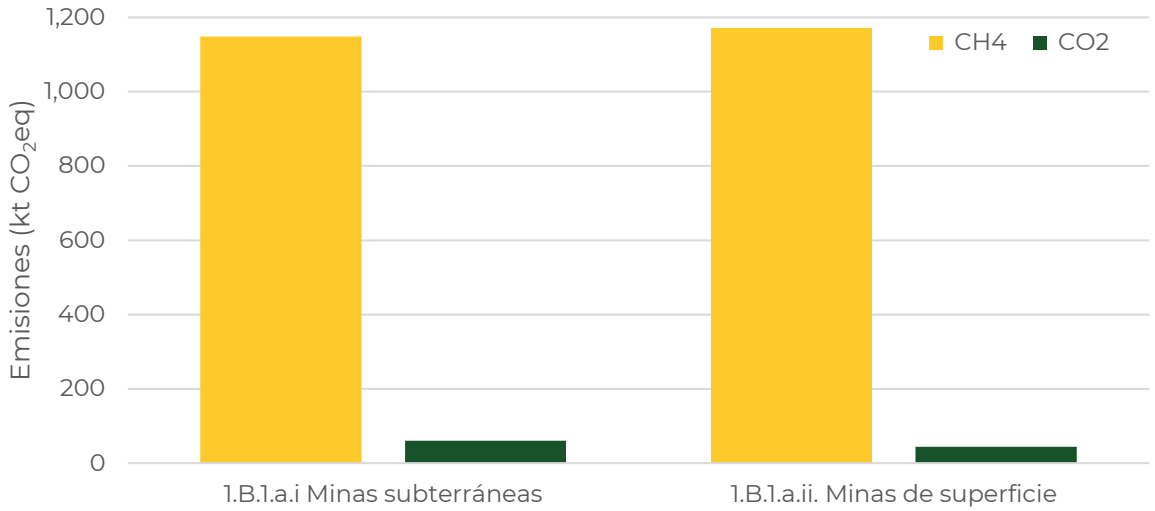


Figura 3-52. Minería carbonífera y manejo del carbón: Emisiones por GEI (kt CO_2eq), 2024..

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3-61. Combustibles sólidos: Emisiones de carbono negro y contaminantes criterio en la subcategoría de combustibles sólidos (kt CO_2eq)

Fuente	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
CN	1,8,E^{-02}	2,0,E^{-02}	1,6,E^{-02}	1,4,E^{-02}	7,4,E^{-02}	6,0,E^{-02}	1,0,E^{-01}	1,2,E^{-01}	1,3,E^{-01}	1,1,E^{-01}	1,1,E^{-01}
CO	0,3	0,3	0,3	0,2	1,1	0,9	1,6	1,9	2,0	1,6	1,6
COVDM	16,4	20,6	30,6	47,7	59,4	69,4	45,4	51,0	53,4	54,4	47,8
NH_3	2,3,E^{-03}	2,4,E^{-03}	2,0,E^{-03}	1,7,E^{-03}	9,2,E^{-03}	7,5,E^{-03}	1,3,E^{-02}	1,5,E^{-02}	1,6,E^{-02}	1,3,E^{-02}	1,3,E^{-02}
NO_X	5,6,E^{-04}	5,9,E^{-04}	4,9,E^{-04}	4,1,E^{-04}	2,2,E^{-03}	1,8,E^{-03}	3,1,E^{-03}	3,7,E^{-03}	4,0,E^{-03}	3,2,E^{-03}	3,2,E^{-03}
PM_{10}	0,9	1,2	1,7	2,6	3,5	3,9	2,9	3,3	3,5	3,4	3,0
$PM_{2.5}$	0,1	0,2	0,2	0,3	0,5	0,6	0,5	0,6	0,6	0,6	0,5
SO_X	4,9,E^{-04}	5,3,E^{-04}	4,4,E^{-04}	3,7,E^{-04}	2,0,E^{-03}	1,6,E^{-03}	2,7,E^{-03}	3,3,E^{-03}	3,5,E^{-03}	2,9,E^{-03}	2,9,E^{-03}

Fuente: Elaboración propia

Las emisiones de contaminantes criterio y carbono negro asociadas a la categoría 1.B.1. Combustibles sólidos fueron estimadas siguiendo las Guías EMEP/EEA (2019), considerando tanto las emisiones fugitivas derivadas de la minería carbonífera y el manejo del carbón (1.B.1.a) como las emisiones asociadas a la producción de carbón vegetal y biocarbón (1.B.1.b.i). A diferencia de la estimación de gases de efecto invernadero, para la cual únicamente se estiman las emisiones de la subcategoría 1.B.1.a, la estimación de contaminantes criterio y carbono negro incluye ambas fuentes. En este contexto, las emisiones de COVDM, PM_{10} y $PM_{2.5}$ están dominadas por las actividades de minería carbonífera y manejo del carbón, mientras que las emisiones de CO, NO_x, SO_x, NH_3 y CN provienen principalmente de la producción de carbón vegetal y biocarbón.

En 2024, los contaminantes con mayores emisiones correspondieron a COVDM (47,8 kt), PM_{10} (3,0 kt), CO (1,6 kt) y $PM_{2.5}$ (0,5 kt), mientras que las emisiones de CN alcanzaron 0,11 kt. En términos generales, las emisiones muestran una tendencia creciente desde 1990 hasta mediados de la década de 2010, seguida por fluctuaciones asociadas a la evolución de la actividad minera y a los cambios en la producción nacional de carbón observados durante los últimos años.

El comportamiento de los contaminantes está estrechamente relacionado con la dinámica de extracción y manejo del carbón. Las emisiones de COVDM, que constituyen el principal contaminante de la categoría, aumentaron de 16,4 kt en 1990 a 47,8 kt en 2024, lo que representa un incremento de 191,5 %, alcanzando un máximo histórico de 69,4 kt en 2015. De manera similar, las emisiones de PM_{10} crecieron de 0,9 kt a 3,0 kt entre 1990 y 2024 (+233,3 %), mientras que las de $PM_{2.5}$ pasaron de 0,1 kt a 0,5 kt (+400 %). Las emisiones de CO

aumentaron de 0,3 kt a 1,6 kt (+433,3 %) y las de CN se incrementaron desde 0,018 kt en 1990 hasta 0,11 kt en 2024, equivalente a un crecimiento cercano al 511 %. Por su parte, las emisiones de NO_X, SO_X y NH_3 permanecieron en niveles relativamente bajos durante toda la serie, aunque también mostraron incrementos importantes respecto a 1990, alcanzando en 2024 valores de 0,0032 kt, 0,0029 kt y 0,013 kt, respectivamente. La reducción observada en varios contaminantes entre 2023 y 2024 es consistente con la disminución de las emisiones de GEI de la categoría y refleja la menor actividad asociada a la minería carbonífera registrada durante el último año de la serie.

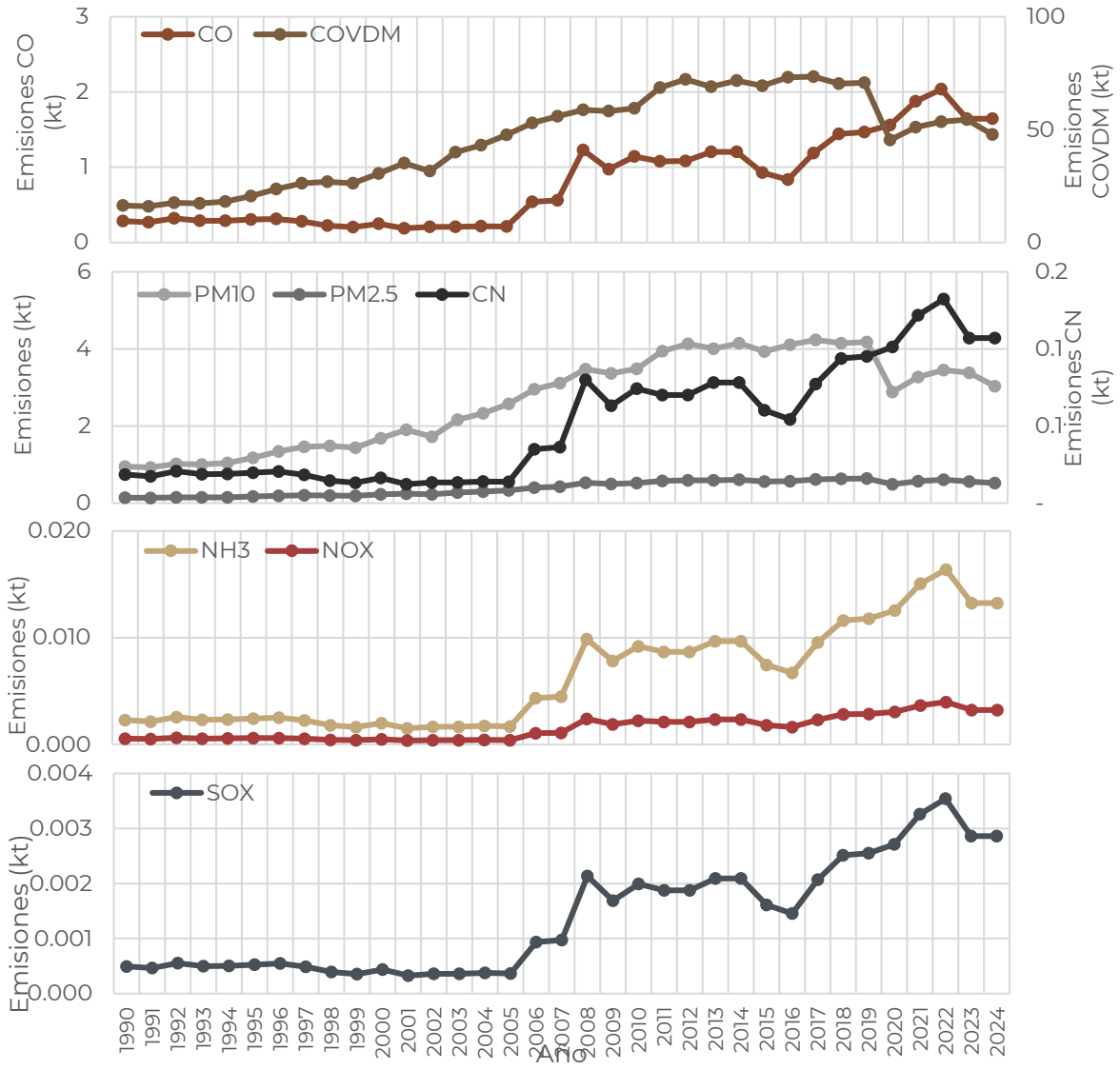


Figura 3-53. Combustibles sólidos: Emisiones por tipo de contaminante (kt), 1990-2024

Fuente: Elaboración propia

3.3.3.2 Aspectos metodológicos de la subcategoría

Las emisiones fugitivas de la subcategoría 1.B.1. Minería carbonífera y manejo del carbón fueron estimadas siguiendo las metodologías establecidas en las Directrices del IPCC 2006 para el sector Energía. La estimación comprende tanto las emisiones generadas durante las actividades de extracción como aquellas liberadas en etapas posteriores a la minería, diferenciando entre minas subterráneas y minas de superficie.

Para la estimación de CH_4 se aplicó una metodología Tier 2, aprovechando la disponibilidad de factores de emisión específicos desarrollados para las principales cuencas carboníferas del país. Estos factores permiten

representar de manera más precisa las características geológicas y el contenido de gas asociado a los diferentes tipos de explotación minera en Colombia. Las emisiones se calcularon para las actividades de minería y post-minería, considerando la producción anual de carbón y los factores de emisión específicos correspondientes a cada cuenca.

Por su parte, las emisiones de CO_2 fueron estimadas mediante una metodología Tier 1. En particular, se incluye la estimación de emisiones de CO_2 asociadas a la extracción en minas de superficie mediante factores de emisión por defecto. Dado que la contribución de CO_2 representa una fracción relativamente pequeña del total de emisiones de la categoría y actualmente no se dispone de factores de emisión nacionales específicos, se mantiene el uso de factores por defecto del IPCC.

La información de actividad utilizada corresponde a los registros oficiales de producción nacional de carbón, desagregados por tipo de explotación minera. Esta diferenciación entre minas subterráneas y minas de superficie es metodológicamente relevante, dado que los mecanismos de generación, liberación y transporte de gases difieren entre ambos tipos de operación. En las minas subterráneas, las emisiones fugitivas se asocian principalmente con la liberación de gases contenidos en los mantos de carbón y en los estratos circundantes durante la extracción, los cuales son posteriormente transportados hacia la atmósfera a través de los sistemas de ventilación o, cuando existen, mediante sistemas de desgasificación. Aunque la concentración de CH_4 en el aire de ventilación puede ser baja, los altos volúmenes de aire movilizados pueden hacer que esta fuente sea significativa.

En contraste, en las minas de superficie las emisiones suelen ser más dispersas y se producen por la ruptura del carbón y del material asociado durante la explotación, así como por la liberación de gases desde el piso y las paredes del tajo. En este tipo de minería, el contenido de gas suele ser menor que en mantos profundos explotados mediante minería subterránea; sin embargo, su contribución puede ser relevante en países donde la minería a cielo abierto tiene una participación importante dentro de la producción nacional. Por esta razón, la desagregación de la producción por tipo de explotación permite aplicar factores de emisión diferenciados y representar de manera más adecuada las condiciones bajo las cuales se generan las emisiones fugitivas, particularmente las de CH_4.

Para esta subcategoría se utilizaron las siguientes guías de cálculo para carbono negro y otros contaminantes criterio:

- Minería carbonífera y manejo del carbón - 1.B.1.a Fugitive emissions from solid fuels - coal mining and handling (Trozzi, Plejdrup, Fudala, et al., 2019)
- Transformación de combustible - 1.B.1.b Fugitive emissions from solid fuels - Solid fuel transformation (Trozzi, Plejdrup, Berdowski, et al., 2019)

Tabla 3-62. Combustibles sólidos: Aspectos metodológicos

Subcategoría	Contaminante	Nivel (Tier)	No. Ecuación	Ecuación	Fuente
1.B.1.a.i Minas subterráneas	CH_4	2	V. 2, Ch. 4, Ec. 4.1.3	Emisiones de CH_4 = Factor de emisión de CH_4 x Producción de carbón subterráneo x Factor de conversión	IPCC, 2006
	CO_2	1	V. 2, Ch. 4, Ec. 4.1.3A	Emisiones de CO_2 =Factor de emisión de CO_2 × Producción de carbón en minería subterránea × Factor de conversión	IPCC, 2019
1.B.1.a.ii. Minas de superficie	CH_4	2	V. 2, Ch. 4, Ec. 4.1.7	Emisiones de CH_4 = Factor de emisión de CH_4 x Producción de carbón terrestre x Factor de conversión	IPCC, 2006
	CO_2	1	V. 2, Ch. 4, Ec. 4.1.7A	Emisiones de CO_2 =Factor de emisión de CO_2 × Producción de carbón en minería subterránea × Factor de conversión	IPCC, 2019
1.B.1.a.ii. Minas de superficie 1.B.1.a.ii. Minas de superficie	COVDM, PM_{10}, $PM_{2.5}$	1	V. 1 Ch. 1.B.1.a, Ec. 1	$E_{contaminante} = AR_{producción} \times EF_{contaminante}$ Donde: $E_{contaminante}$= emisión del contaminante especificado. $AR_{producción}$= tasa de actividad asociada a la producción de la mina de carbón. $EF_{contaminante}$= factor de emisión del contaminante.	EMEP/EEA, 2019

1.B.1.b.i. Producción de carbón vegetal y biocarbón	COVDM, PM_{10}, $PM_{2.5}$, CN, CO, NH_3, NO_X, SO_X	1	V. 1 Ch. 1.B.1.b, Ec. 1	$E_{contaminante} = AR_{producción} \times EF_{contaminante}$ Donde: $E_{contaminante}$= emisión del contaminante especificado. $AR_{producción}$= tasa de actividad asociada a la transformación de combustibles sólidos. $EF_{contaminante}$= factor de emisión del contaminante.	EMEP/EEA, 2019

3.3.3.2.1 Datos de actividad de la subcategoría

Los datos de actividad utilizados en la categoría 1.B.1 Combustibles sólidos correspondieron a información oficial sobre la producción de carbón y la producción de coque, en línea con la clasificación de subcategorías definida por las Directrices del IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006).

Para las subcategorías incluidas en 1.B.1.a Minería carbonífera y manejo del carbón, el dato de actividad correspondió a la producción de carbón. Esta variable se utilizó como base para la estimación de las emisiones fugitivas asociadas a la extracción y al manejo del carbón, incluyendo tanto las emisiones durante la minería como aquellas generadas en las etapas posteriores a la misma.

La información se organizó de acuerdo con el tipo de explotación minera, diferenciando entre minas subterráneas (1.B.1.a.i) y minas de superficie (1.B.1.a.ii), para las cuales se utilizaron series de datos de actividad independientes, correspondientes a la producción de carbón en cada tipo de explotación.

Los datos se reportaron con periodicidad anual para el periodo 1990–2024 y se encontraban desagregados a nivel departamental. La fuente de información correspondió al Sistema de Información Minero Colombiano (SIMCO (Unidad de Planeación Minero Energética, 2024) a partir de registros oficiales de producción y regalías del sector minero-energético.

Para la subcategoría 1.B.1.b.i Producción de carbón vegetal y biocarbón, el dato de actividad correspondió a la producción de coque. Esta información fue obtenida del Balance Energético Colombiano – BECO(Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), 2025), lo que aseguró la consistencia con las estadísticas energéticas nacionales.

Los datos de actividad permitieron representar las emisiones fugitivas asociadas tanto a la extracción de carbón como a los procesos de transformación de combustibles sólidos, de forma consistente con la estructura metodológica del IPCC y con las fuentes oficiales de información disponibles a nivel nacional.

Igualmentel, se realizó el recálculo de la serie temporal completa como resultado de la actualización de las fuentes de datos utilizadas en las estimaciones. Cabe señalar que no fue necesario aplicar técnicas de empalme, interpolación o reconstrucción, en la medida en que se contó con información histórica completa y consistente para todo el periodo de análisis (1990–2024). En consecuencia, las series de datos de actividad corresponden a registros de fuentes oficiales, garantizando la coherencia temporal y la trazabilidad de la información.

La Tabla 3-63 presenta las fuentes de información de los datos de actividad utilizados en la subcategoría 1.B.1. Combustibles sólidos, incluyendo los periodos de cobertura, las fuentes de información y las consideraciones metodológicas asociadas, tales como la aplicación de técnicas de empalme y recálculo de las series temporales. En la Tabla 3-64 se presentan los datos de actividad de la 1.B.1. Combustibles sólidos.

Tabla 3-63. Combustibles sólidos: Fuente de información de datos de actividad

Dato de actividad		Periodo	Fuente	Observación
1.B.1.a. Minería carbonífera y manejo del carbón				
1.B.1.a.i Minas subterráneas 1.B.1.a.i.1. Minería 1.B.1.a.i.2. Emisiones posteriores a la minería	Producción de carbón en minas subterráneas	1990-2024	UPME - SIMCO	Se realizó el recálculo de la serie temporal completa por actualización de la fuente de datos. Datos a escala departamental.
1.B.1.a.ii Minería de Superficie 1.B.1.a.ii.1. Minería 1.B.1.a.ii.2. Emisiones posteriores a la minería	Producción de carbón en minas de superficie	1990-2024	UPME - SIMCO	Se realizó el recálculo de la serie temporal completa por actualización de la fuente de datos. Datos a escala departamental.
1.B.1.b. Transformación de combustible				
1.B.1.b.i. Producción de carbón vegetal y biocarbón	Producción de coque	1990-2024	UPME-BECO	Se realizó el recálculo de la serie temporal completa por actualización de la fuente de datos. Datos a escala departamental.

Nota: UPME: Unidad de Planeación Minero energética; SIMCO: Sistema de Información Minero Colombiano; BECO: Balance Energético Colombiano.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3-64. Combustibles sólidos: datos de actividad por combustible o fuente de GEI, carbono negro y contaminantes criterio

Año	1.B.1.a.i.1. Minería 1.B.1.a.i.2. Emisiones posteriores a la minería	1.B.1.a.ii.1. Minería 1.B.1.a.ii.2. Emisiones posteriores a la minería	1.B.1.b.i. Producción de carbón vegetal y biocarbón
	Minería subterránea	Minería de superficie	Producción de coque
	(t)	(t)	(kt)
1990	6.138.712,3	14.329.287,7	618,7
1991	6.331.586,0	13.699.414,0	582,9
1992	6.614.581,4	15.285.418,6	694,8
1993	6.160.201,2	15.552.798,8	626,0
1994	6.026.891,3	16.638.108,7	630,6
1995	6.074.000,0	19.666.000,0	660,2
1996	5.276.680,5	24.287.319,5	682,7
1997	4.617.000,0	28.125.000,0	610,0
1998	4.315.000,0	29.246.000,0	490,6
1999	3.272.773,0	29.481.227,0	443,6
2000	3.944.472,7	34.297.527,3	544,1
2001	4.635.282,9	39.276.207,1	409,5
2002	4.854.811,8	34.629.658,2	448,2
2003	6.057.971,2	43.970.118,8	447,9
2004	3.940.623,7	49.946.966,3	470,0
2005	4.568.449,0	55.106.661,0	459,0
2006	5.344.655,5	60.847.204,5	1.170,2
2007	6.061.830,7	63.840.389,3	1.216,2
2008	7.248.015,6	66.253.964,4	2.673,5
2009	6.840.088,2	65.967.311,8	2.111,2
2010	7.000.013,5	67.307.890,0	2.487,7
2011	8.245.927,9	77.556.981,3	2.345,4
2012	7.832.615,8	82.404.909,8	2.348,7
2013	7.894.083,5	78.411.414,2	2.614,1
2014	7.601.630,4	82.076.523,0	2.614,8
2015	7.776.493,9	78.965.933,8	2.016,4
2016	8.708.221,1	82.808.812,7	1.817,3
2017	8.221.296,5	83.627.806,9	2.584,6
2018	9.044.440,2	78.815.621,3	3.138,2
2019	8.884.389,0	79.618.338,3	3.186,2
2020	8.030.532,4	48.777.437,0	3.392,4
2021	8.448.740,2	55.278.459,3	4.076,7
2022	11.770.404,6	54.997.646,1	4.425,2
2023	10.334.877,9	57.682.369,1	3.579,1
2024	5.499.831,6	54.301.300,4	3.579,1

Nota: NO: No ocurre. Fuente: Elaboración propia.

3.3.3.2.2 Factores de emisión aplicados en la subcategoría

Para la estimación de emisiones fugitivas en la categoría 1.B.1 Combustibles sólidos, Colombia empleó un enfoque metodológico diferenciado según el contaminante.

En el caso del metano (CH_4), se emplearon factores de emisión nacionales desarrollados a partir del Estudio de factores de emisión para emisiones fugitivas elaborado por la UPME y el Servicio Geológico Colombiano (Unidad de Planeación Minero Energética & Servicio Geológico Colombiano, 2016). El desarrollo de estos factores constituyó el resultado de un esfuerzo técnico interinstitucional, liderado por entidades del sector minero-energético, que integró información geológica, mediciones directas de contenido de gas y análisis de las principales cuencas carboníferas. Estos factores nacionales permitieron capturar la variabilidad espacial asociada a las condiciones del recurso, particularmente en términos del contenido de metano en los mantos de carbón y su relación con la profundidad y características geológicas.

La construcción de los factores de emisión se basó en mediciones de desorción de metano en muestras de carbón, obtenidas a partir de perforaciones en diferentes zonas del país, incluyendo departamentos como Cundinamarca, Boyacá, Antioquia, La Guajira y Cesar. Estas mediciones permitieron estimar el contenido de gas asociado al carbón y establecer relaciones entre el contenido de metano y la profundidad de los mantos, incorporando la variabilidad geológica de las principales cuencas productoras.

A partir de esta información, los factores fueron construidos considerando múltiples componentes: el contenido de metano medido en los mantos de carbón, el aporte de los estratos circundantes afectados por la actividad minera y el descuento del gas residual que no fue liberado durante la extracción y las etapas posteriores de manejo del carbón.

Los factores de emisión se definieron de manera diferenciada por tipo de minería (subterránea y a cielo abierto) y por zona productora o departamento, reflejando las diferencias entre cuencas carboníferas. En el caso de zonas sin información directa, se aplicaron criterios de asignación por analogía geológica, utilizando valores de cuencas con características similares, con el fin de mantener la coherencia técnica del conjunto de factores.

Estos factores se consideraron constantes en el tiempo para el periodo 1990–2024, dado que representaron propiedades intrínsecas del recurso geológico, y se aplicaron a la producción departamental de carbón para estimar las emisiones tanto de minería como de post-minería. Su uso permitió avanzar desde metodologías basadas en valores por defecto hacia un enfoque Tier 2, incrementando la exactitud, consistencia y trazabilidad de las estimaciones nacionales.

Para el dióxido de carbono (CO_2), los factores de emisión se basaron en las Directrices del IPCC 2006 y el Refinamiento 2019 (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006a, 2019a), incluyendo referencias contenidas en la IPCC Emission Factor Database (IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme, 2019), en concordancia con la presencia potencial de CO_2 en los gases liberados durante la minería de carbón. Estos factores correspondieron a un enfoque metodológico Tier 1.

Para los contaminantes atmosféricos, incluyendo material particulado (PM_{10} y $PM_{2.5}$), NO_x, CO, COVDM, SO_x, NH_3 y carbono negro (CN), los factores de emisión utilizados provinieron de la Guía EMEP/EEA (European Environment Agency, 2019). Estos factores estuvieron asociados a los procesos operativos de extracción, manipulación y manejo del carbón, y correspondieron a un enfoque metodológico Tier 1.

El detalle metodológico del desarrollo de los factores nacionales de metano y la integración de las distintas fuentes utilizadas se presenta en el Anexo 3.1. Emisiones fugitivas del sector energía (CRT 1.B)(Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam), 2026), el cual constituyó el soporte técnico de la estimación.

La Tabla 3-65 presenta el resumen de los factores de emisión utilizados por subcategoría, combustible y tipo de contaminante.

Tabla 3-65. Combustibles sólidos: factores de emisión aplicados por fuente de GEI, carbono negro y contaminantes criterio

Subcategoría	Fuente FE	Nivel (Tier)	Clasif.	Cont	Valor	Unidad
1.B.1.a. Minería carbonífera y manejo del carbón	IPCC, 2019	1	Volumen especifico a condiciones estándar	CO_2	1,8E-06	$ktCO_2/m^3\ CO_2$
1.B.1.a.i Minas subterráneas	IPCC, 2019 V.2 Ch.4	1	Minería subterránea (Antioquia, Boyacá, Casanare, Cauca, Cundinamarca, Huila, Norte de Santander, Risaralda, Tolima, Valle del Cauca)	CO_2	1,8E-02	$m^3\ CO_2/t$
1.B.1.a.i Minas subterráneas	IPCC, 2019 V.2 Ch.4	1	Minería subterránea (Antioquia, Boyacá, Casanare, Cauca, Cundinamarca, Huila, Norte de Santander, Risaralda, Tolima, Valle del Cauca)	CO_2	5,9	m^3 CO2/t
1.B.1.a. Minería carbonífera y manejo del carbón	IPCC, 2019	2	Volumen especifico a condiciones estándar	CH_4	6,7E-07	$kt\ CH_4/m^3\ CH_4$
1.B.1.a.i Minas subterráneas	UPME-SGC, 2016	2	Minería subterránea (Casanare)	CH_4	0,6	$m^3\ CH_4/t$
1.B.1.a.i Minas subterráneas	UPME-SGC, 2016	2	Minería subterránea (Antioquia, Cauca, Huila, Risaralda, Tolima, Valle del Cauca)	CH_4	0,9	$m^3\ CH_4/t$
1.B.1.a.i Minas subterráneas	UPME-SGC, 2016	2	Minería subterránea (Casanare)	CH_4	2,0	$m^3\ CH_4/t$
1.B.1.a.i Minas subterráneas	UPME-SGC, 2016	2	Minería subterránea (Boyacá, Norte de Santander)	CH_4	2,2	$m^3\ CH_4/t$
1.B.1.a.i Minas subterráneas	UPME-SGC, 2016	2	Minería subterránea (Antioquia, Cauca, Huila, Risaralda, Tolima, Valle del Cauca)	CH_4	2,9	$m^3\ CH_4/t$
1.B.1.a.i Minas subterráneas	UPME-SGC, 2016	2	Minería subterránea (Cundinamarca)	CH_4	3,9	$m^3\ CH_4/t$
1.B.1.a.i Minas subterráneas	UPME-SGC, 2016	2	Minería subterránea (Boyacá, Norte de Santander)	CH_4	7,2	$m^3\ CH_4/t$
1.B.1.a.i Minas subterráneas	UPME-SGC, 2016	2	Minería subterránea (Cundinamarca)	CH_4	13,0	$m^3\ CH_4/t$
1.B.1.a.i Minas subterráneas	EMEP/EEA, 2019 Tabla 3-2, 1.B.1.a	1	Minería subterránea	COVDM	8,0E-07	kt/t Carbón

Subcategoría	Fuente FE	Nivel (Tier)	Clasif.	Cont	Valor	Unidad
1.B.1.a.i Minas subterráneas	EMEP/EEA, 2019 Tabla 3-2, 1.B.1.a	1	Minería subterránea	PM_{10}	4,2E-08	kt/t Carbón
1.B.1.a.i Minas subterráneas	EMEP/EEA, 2019 Tabla 3-2, 1.B.1.a	1	Minería subterránea	$PM_{2.5}$	5,0E-09	kt/t Carbón
1.B.1.a.ii. Minas de superficie	IPCC, 2019 V.2 Ch.4	1	Minería de superficie (Cesar, Córdoba, La Guajira, Santander)	CO_2	4,4E-01	m^3 CO_2/t
1.B.1.a.ii. Minas de superficie	UPME-SGC, 2016	2	Minería de superficie (Santander)	CH_4	1,2E-01	m^3 CH_4/t
1.B.1.a.ii. Minas de superficie	UPME-SGC, 2016	2	Minería de superficie (Córdoba)	CH_4	1,8E-01	m^3 CH_4/t
1.B.1.a.ii. Minas de superficie	UPME-SGC, 2016	2	Minería de superficie (Cesar, La Guajira)	CH_4	2,7E-01	m^3 CH_4/t
1.B.1.a.ii. Minas de superficie	UPME-SGC, 2016	2	Minería de superficie (Santander)	CH_4	4,0E-01	m^3 CH_4/t
1.B.1.a.ii. Minas de superficie	UPME-SGC, 2016	2	Minería de superficie (Córdoba)	CH_4	0,6	m^3 CH_4/t
1.B.1.a.ii. Minas de superficie	UPME-SGC, 2016	2	Minería de superficie (Cesar, La Guajira)	CH_4	0,9	m^3 CH_4/t
1.B.1.a.ii. Minas de superficie	EMEP/EEA, 2019 Tabla 3-2, 1.B.1.a	1	Minería de superficie	COVDM	8,0E-07	kt/t Carbón
1.B.1.a.ii. Minas de superficie	EMEP/EEA, 2019 Tabla 3-2, 1.B.1.a	1	Minería de superficie	PM_{10}	4,2E-08	kt/t Carbón
1.B.1.a.ii. Minas de superficie	EMEP/EEA, 2019 Tabla 3-2, 1.B.1.a	1	Minería de superficie	$PM_{2.5}$	5,0E-09	kt/t Carbón
1.B.1.b.i. Producción de carbón vegetal y biocarbón	EMEP/EEA, 2019 Tabla 3-1, 1.B.1.b	1	Producción de coque	CN	4,9E-01	% $PM_{2.5}$

Subcategoría	Fuente FE	Nivel (Tier)	Clasif.	Cont	Valor	Unidad
1.B.1.b.i. Producción de carbón vegetal y biocarbón	EMEP/EEA, 2019 Tabla 3-1, 1.B.1.b	1	Producción de coque	CO	4,6E-07	kt/t coque
1.B.1.b.i. Producción de carbón vegetal y biocarbón	EMEP/EEA, 2019 Tabla 3-1, 1.B.1.b	1	Producción de coque	COVDM	9,0E-10	kt/t coque
1.B.1.b.i. Producción de carbón vegetal y biocarbón	EMEP/EEA, 2019 Tabla 3-1, 1.B.1.b	1	Producción de coque	NH_3	3,7E-09	kt/t coque
1.B.1.b.i. Producción de carbón vegetal y biocarbón	EMEP/EEA, 2019 Tabla 3-1, 1.B.1.b	1	Producción de coque	NO_x	9,0E-10	kt/t coque
1.B.1.b.i. Producción de carbón vegetal y biocarbón	EMEP/EEA, 2019 Tabla 3-1, 1.B.1.b	1	Producción de coque	PM_{10}	1,5E-07	kt/t coque
1.B.1.b.i. Producción de carbón vegetal y biocarbón	EMEP/EEA, 2019 Tabla 3-1, 1.B.1.b	1	Producción de coque	$PM_{2.5}$	6,1E-08	kt/t coque
1.B.1.b.i. Producción de carbón vegetal y biocarbón	EMEP/EEA, 2019 Tabla 3-1, 1.B.1.b	1	Producción de coque	SO_x	8,0E-10	kt/t coque

Nota: Cont: Contaminante. Clasif: Clasificación según combustible fósil o biocombustible.

Fuente: Elaboración a partir de EMEP/EEA (2019), IPCC (2006, 2019), UPME (2016).

3.3.3.3 Descripción de flexibilidad aplicada en la subcategoría

No se aplicó ninguna flexibilidad.

3.3.3.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la subcategoría

En la Tabla 3-66 se presentan los resultados de incertidumbre para la subcategoría 1.B.1. Combustibles sólidos durante el periodo 1990-2024. La incertidumbre promedio histórica fue de ±17,26 %. Los resultados de esta subcategoría corresponden en su totalidad a 1.B.1.a. Minería carbonífera y manejo del carbón, por lo que ambas categorías presentan los mismos valores de incertidumbre.

Tabla 3-66. Resultados de incertidumbre (%) por propagación del error para 1.B.1. Combustibles sólidos.

Subcategoría	Cont	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
1.B.1. Combustibles sólidos	Todos	18,0	17,1	18,1	18,8	16,3	16,5	15,6	15,1	14,6	11,8	11,8
1.B.1. Combustibles sólidos	CH4	18,9	18,0	19,0	19,6	17,0	17,2	16,3	15,7	15,2	12,3	12,3
1.B.1. Combustibles sólidos	CO2	20,3	20,0	22,8	24,8	22,3	22,5	20,8	20,1	20,2	15,3	15,3
1.B.1.a. Minería carbonífera y manejo del carbón.	Todos	18,0	17,1	18,1	18,8	16,3	16,5	15,6	15,1	14,6	11,8	11,8
1.B.1.a. Minería carbonífera y manejo del carbón.	CH4	18,9	18,0	19,0	19,6	17,0	17,2	16,3	15,7	15,2	12,3	12,3
1.B.1.a. Minería carbonífera y manejo del carbón.	CO2	20,3	20,0	22,8	24,8	22,3	22,5	20,8	20,1	20,2	15,3	15,3

Entre 1990 y 2024 se observa una tendencia general decreciente. La incertidumbre pasó de ±17,97 % en 1990 a ±11,81 % en 2023, lo que representa una reducción relativa del 34,30 %. Sin embargo, en 2024 aumentó hasta ±28,19 %, valor máximo de la serie. Frente a 2023, este cambio representa un aumento del 138,81 %. Al comparar los extremos de la serie, la incertidumbre de 2024 es 56,89 % superior a la registrada en 1990, equivalente a un incremento de 10,22 puntos porcentuales.

Por tipo de GEI, el CH_4 y el CO_2 presentaron incertidumbres promedio históricas de ±18,02 % y ±22,41 %, respectivamente. No se reportan emisiones de N_2O para esta subcategoría. Entre 1990 y 2023, la incertidumbre del CH_4 disminuyó de ±18,91 % a ±12,29 %, mientras que la del CO_2 pasó de ±20,28 % a ±15,26 %. En 2024, estos valores aumentaron hasta ±28,57 % para el CH_4 y ±44,08 % para el CO_2.

La incertidumbre agregada de 1.B.1 presenta un comportamiento más cercano al observado para el CH_4, en concordancia con la importancia de este gas en las emisiones fugitivas asociadas a la minería y el manejo del carbón

3.3.3.5 AC/CC de la subcategoría

Además de las actividades transversales de aseguramiento y control de calidad aplicadas al inventario nacional, para la subcategoría 1.B.1 Combustibles sólidos se implementaron los siguientes procedimientos de control de calidad:

- Se verificó la integridad y consistencia de las bases de datos B0, B2, F2 y SectorCal correspondientes a la subcategoría 1.B.1, garantizando que los datos de actividad, los factores de emisión y los demás parámetros utilizados en la estimación se ajustaran a la estructura estandarizada del inventario y estuvieran debidamente documentados.
- Se compararon las emisiones estimadas para la subcategoría con las reportadas en ciclos anteriores del inventario, revisando la coherencia de la serie temporal e identificando variaciones asociadas a actualizaciones metodológicas, incorporación de nueva información, cambios en la producción de carbón o ajustes en los factores de emisión específicos por cuenca.
- Se verificó la consistencia de los factores de emisión específicos utilizados para la estimación de las emisiones de CH_4 (Tier 2), comparándolos con la información técnica disponible y con los factores por defecto de las Directrices del IPCC, con el fin de sustentar su representatividad para las condiciones nacionales. Asimismo, se verificó la correcta aplicación de los factores por defecto utilizados para la estimación de las emisiones de CO_2.
- Los resultados obtenidos para la subcategoría fueron revisados conjuntamente con los referentes técnicos sectoriales, en el marco de las mesas de trabajo desarrolladas con el Ministerio de Minas y Energía, la Agencia Nacional de Minería (ANM) y demás actores del sector minero, con el fin de validar la consistencia de la información de producción de carbón y de las estimaciones de emisiones fugitivas.

- Los resultados fueron presentados en espacios de socialización y discusión técnica con las entidades participantes, permitiendo recopilar observaciones y fortalecer el proceso de mejora continua del inventario.

3.3.3.6 Nuevos cálculos de la subcategoría

Los recálculos realizados en la subcategoría 1.B.1. Combustibles sólidos no obedecen a cambios metodológicos en la estimación de emisiones, sino a la actualización de los datos de actividad asociados a la producción de carbón reportada por las entidades competentes. En este ciclo se incorporó la información más reciente disponible, lo que hizo necesario recalcular la serie histórica de la subcategoría para garantizar la consistencia temporal del inventario y reflejar adecuadamente la evolución de la producción de carbón en el país. Como resultado, las diferencias frente al BTR1 se concentran principalmente en los años más recientes de la serie temporal, especialmente en las emisiones asociadas a las minas subterráneas. Para mayor detalle sobre las fuentes de información y el procesamiento de los datos de actividad véase la sección 3.3.3.2.1.

Tabla 3-67. Combustibles sólidos: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2) (kt CO_2 eq)

Subcategoría	Reporte	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021
1.B.1.a.i Minas subterráneas	BTR1	1.236,0	1.235,2	766,5	943,5	1.578,6	1.737,6	1.369,2	1.110,9
1.B.1.a.i Minas subterráneas	BTR2	1.236,0	1.235,2	766,5	943,5	1.578,6	1.778,6	1.814,7	1.929,1
1.B.1.a.i Minas subterráneas	Diferencia	- 0,0	-	-	-	- 0,0	40,9	445,5	818,2
1.B.1.a.i Minas subterráneas	Diferencia (%)	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	2,4 %	32,5 %	73,7 %
1.B.1.a.i Minas subterráneas	Efecto en total de subcategoría 1.B.1 (%)	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	1,2 %	18,2 %	35,2 %
1.B.1.a.i Minas subterráneas	Efecto en total neto de subcategoría 1.B.1 (%)	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	1,2 %	18,2 %	35,2 %
1.B.1.a.ii. Minas de superficie	BTR1	319,0	442,2	770,7	1.239,0	1.513,1	1.776,0	1.079,3	1.212,5
1.B.1.a.ii. Minas de superficie	BTR2	319,0	442,2	770,7	1.239,0	1.513,1	1.776,3	1.086,0	1.228,0
1.B.1.a.ii. Minas de superficie	Diferencia	-	-	-	- 0,0	0,0	0,2	6,7	15,6
1.B.1.a.ii. Minas de superficie	Diferencia (%)	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,6 %	1,3 %
1.B.1.a.ii. Minas de superficie	Efecto en total de subcategoría 1.B.1 (%)	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,3 %	0,7 %
1.B.1.a.ii. Minas de superficie	Efecto en total neto de subcategoría 1.B.1 (%)	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,3 %	0,7 %
1.B.1. Combustibles sólidos	BTR1	1.555,0	1.677,5	1.537,1	2.182,5	3.091,7	3.513,7	2.448,6	2.323,4
1.B.1. Combustibles sólidos	BTR2	1.555,0	1.677,5	1.537,1	2.182,5	3.091,7	3.554,8	2.900,7	3.157,2
1.B.1. Combustibles sólidos	Diferencia	0,0	-	-	-	-	41,2	452,1	833,8
1.B.1. Combustibles sólidos	Diferencia (%)	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	1,2 %	18,5 %	35,9 %
1.B.1. Combustibles sólidos	Efecto en total de categoría 1.B (%)	*0,0 %*	*0,0 %*	*0,0 %*	*0,0 %*	*0,0 %*	*0,4 %*	*6,0 %*	*11,5 %*
1.B.1. Combustibles sólidos	Efecto en total neto de categoría 1.B (%)	*0,0 %*	*0,0 %*	*0,0 %*	*0,0 %*	*0,0 %*	*0,4 %*	*6,0 %*	*11,5 %*

Subcategoría	Reporte	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021
1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	BTR1	3.907,9	4.728,8	5.252,7	5.202,5	8.133,6	9.814,5	7.586,6	7.271,3
1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	BTR2	6.076,7	7.529,2	8.649,0	8.071,3	11.798,5	13.216,8	10.196,6	10.291,1
1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	Diferencia	2.168,8	2.800,5	3.396,3	2.868,8	3.664,9	3.402,2	2.609,9	3.019,8
1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	Diferencia (%)	55,5 %	59,2 %	64,7 %	55,1 %	45,1 %	34,7 %	34,4 %	41,5 %
1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	Efecto en total de sector (%)	*4,3 %*	*4,7 %*	*5,5 %*	*4,5 %*	*4,6 %*	*3,7 %*	*3,1 %*	*3,3 %*
1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	Efecto en total neto de sector (%)	*4,3 %*	*4,7 %*	*5,5 %*	*4,5 %*	*4,6 %*	*3,7 %*	*3,1 %*	*3,3 %*
1. Energía	BTR1	50.237,0	59.374,7	61.711,1	64.294,8	79.808,4	93.066,8	84.988,7	91.610,6
1. Energía	BTR2	51.104,3	61.832,3	64.714,9	64.338,8	83.872,1	93.474,7	86.999,9	92.956,9
1. Energía	Diferencia	867,3	2.457,6	3.003,8	44,0	4.063,7	407,9	2.011,2	1.346,4
1. Energía	Diferencia (%)	1,7 %	4,1 %	4,9 %	0,1 %	5,1 %	0,4 %	2,4 %	1,5 %

Fuente: Elaboración propia

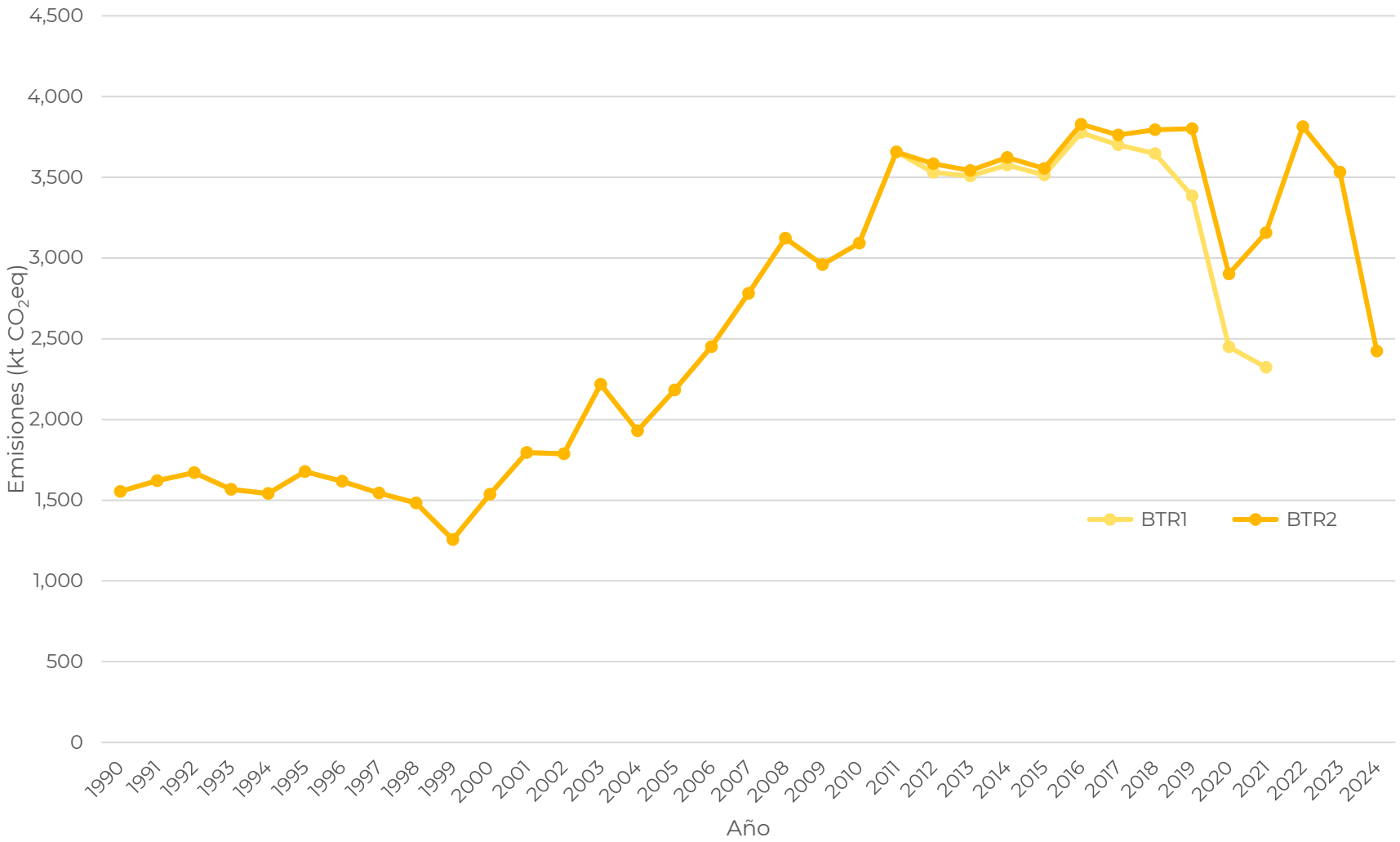


Figura 3-54. Combustibles sólidos: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2), 1990-2024

Fuente: Elaboración propia

3.3.3.7 Mejoras planeadas de la subcategoría

Las mejoras planeadas para la presente subcategoría se orientan a fortalecer la calidad, representatividad, consistencia temporal y trazabilidad de en la estimación de emisiones. Estas actividades priorizadas responden a las oportunidades de mejora identificadas a partir de los procesos de control de calidad (QA/QC), análisis de incertidumbre y revisión de la disponibilidad de información sectorial, así como a las recomendaciones formuladas procesos de examen por pares u otros procesos de revisión o análisis previos. Su implementación se desarrollará en articulación con las entidades competentes, con el fin de avanzar hacia el uso de información más precisa, reduciendo la dependencia de supuestos y variables proxy, y asegurando la coherencia con las Directrices del IPCC.

Las actividades específicas priorizadas para esta subcategoría se presentan en la Tabla 3-68, en la cual se detallan las oportunidades de mejora, los periodos de implementación, los actores responsables y la priorización correspondiente.

Tabla 3-68. Combustibles sólidos. Plan de mejora

Subcategoría	Actividad propuesta de mejora	Periodo	Actores	Priorización
1.B.1. Combustibles sólidos	En articulación con las entidades competentes, establecer un proceso técnico-institucional permanente para la actualización, validación y publicación de factores de emisión de combustibles sólidos, incorporando trazabilidad, metadatos y coherencia con las Directrices IPCC 2006/2019.	1990-2024	UPME, Minenergía	BTR3 - 2028
	Promover la articulación entre las entidades competentes y los actores del sector para fortalecer los mecanismos de captura, reporte y verificación de la información sobre producción minera, contribuyendo a mejorar la consistencia, representatividad y trazabilidad de los datos utilizados en las estimaciones.	1990-2024	Minenergía	BTR3 - 2028
1.B.1.a.i Minas subterráneas	Promover la generación, recopilación y disponibilidad de información sobre minas subterráneas abandonadas, incluyendo su caracterización técnica y geográfica, mediante la articulación con las entidades y actores competentes, con el fin de evaluar su posible incorporación metodológica en las estimaciones del inventario.	1990-2024	Minenergía, ANM	BTR4 - 2030

Fuente: Elaboración propia

3.3.4 Petróleo y gas natural (CRT 1.B.2)

3.3.4.1 Descripción y tendencia de la subcategoría

La subcategoría 1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía comprende las emisiones por fugas asociadas a la cadena de hidrocarburos, incluyendo petróleo, gas natural y las actividades de venteo y quema en antorcha (Carras et al., 2006b). Estas emisiones se generan a lo largo de las etapas de exploración, producción, procesamiento, transporte, refinación, almacenamiento y distribución de hidrocarburos, y corresponden principalmente a emisiones de CH_4 y CO_2, así como a menores contribuciones de N_2O asociadas a la quema en antorcha.

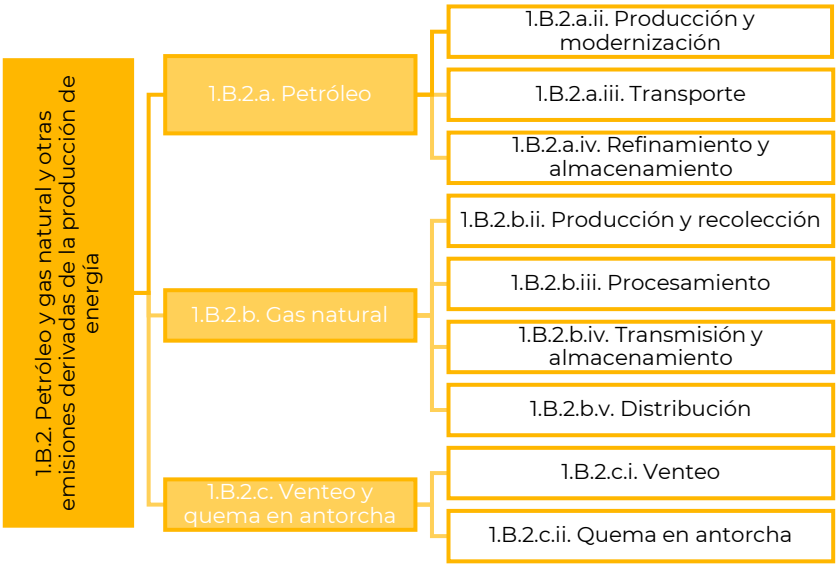


Figura 3-55. Petróleo y gas natural: Subcategorías estimadas en la categoría Petróleo y gas natural

Fuente: Elaboración propia

En el caso de los sistemas de petróleo y gas natural, las emisiones fugitivas comprenden las emisiones de gases de efecto invernadero que se generan a lo largo de las actividades de producción, recolección, procesamiento, refinación, transporte y entrega de hidrocarburos al mercado, excluyendo aquellas asociadas a la combustión de combustibles con fines energéticos. Dentro de esta categoría se incluyen, entre otras, las emisiones por fugas, venteos, quema en tea y liberaciones accidentales, así como pérdidas asociadas a equipos, tanques, líneas de conducción, instalaciones de procesamiento y pozos.

Las fugas corresponden a liberaciones no intencionales o no controladas de gases desde equipos, conexiones, válvulas, tanques u otros componentes del sistema. Los venteos corresponden a liberaciones intencionales o de diseño, mediante las cuales se descargan gases directamente a la atmósfera por razones operativas, de seguridad o de proceso. Por su parte, la quema en tea corresponde a la combustión controlada de gases residuales o excedentes que no son aprovechados energéticamente; por esta razón, sus emisiones se reportan dentro de las emisiones fugitivas de los sistemas de petróleo y gas, y no como combustión de combustibles para generación de energía útil.

Para la estimación de las emisiones fugitivas del sector petróleo y gas, el Refinamiento 2019 de las Directrices del IPCC 2006 clasifica las emisiones en dos grandes sistemas: petróleo y gas natural, cada uno compuesto por subsegmentos asociados a las distintas etapas de la cadena productiva. Para estos subsegmentos se presentan factores de emisión Tier 1 que permiten estimar las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a venteos, fugas y quema en tea, de acuerdo con la información de actividad disponible y el tipo de operación considerada.

Para el caso colombiano, las emisiones fugitivas del sector petróleo y gas se estiman para cada subsegmento definido en las Directrices del IPCC, diferenciando entre fugas, venteos y quema en tea. Los resultados son posteriormente agregados de manera consistente con los requerimientos de reporte de las tablas CRT, garantizando la correspondencia entre la estructura metodológica de estimación y la presentación oficial del inventario nacional.

Históricamente, la tendencia de esta subcategoría refleja la evolución del sector petrolero y gasífero colombiano. El crecimiento de la producción desde los años 2000, impulsado por el desarrollo de campos en los Llanos Orientales, cambios regulatorios y una mayor inversión exploratoria, generó incrementos en las emisiones fugitivas del país. Posteriormente, se observan disminuciones asociadas a fluctuaciones de precios, reducciones en la actividad exploratoria y efectos de la coyuntura internacional y doméstica. La participación relativa de las fuentes de emisiones muestra un dominio claro de venteo y quema en antorcha.

Tabla 3-69. Petróleo y gas natural: Emisiones totales de GEI por fuente (kt CO_2eq)

Fuente	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
1.B.2.a. Petróleo	268,8	350,2	407,2	326,8	456,9	524,5	429,8	425,2	406,9	404,5	403,3

Fuente	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
1.B.2.a.ii. Producción y modernización	221,5	298,0	346,9	265,0	395,7	472,0	358,3	347,5	329,2	316,4	315,4
1.B.2.a.iii. Transporte	0,7	0,7	1,7	1,7	2,0	7,9	7,0	6,6	6,7	6,9	6,9
1.B.2.a.iv. Refinamiento y almacenamiento	46,6	51,5	58,6	60,2	59,2	44,6	64,5	71,1	71,0	81,2	81,0
1.B.2.b. Gas natural	248,6	268,8	407,3	444,4	654,5	577,9	693,0	708,5	689,4	669,4	611,5
1.B.2.b.ii. Producción y recolección	2,5	2,7	4,1	4,5	6,6	6,1	7,0	7,0	6,6	6,4	5,8
1.B.2.b.iii. Procesamiento	7,0	7,5	11,4	12,4	18,3	19,9	38,4	34,1	27,4	23,4	21,4
1.B.2.b.iv. Transmisión y Almacenamiento	163,7	177,1	268,3	292,7	431,1	377,9	443,4	457,0	448,8	438,0	400,1
1.B.2.b.v. Distribución	75,4	81,5	123,5	134,8	198,5	174,0	204,2	210,4	206,7	201,7	184,2
1.B.2.c. Venteo y quema en antorcha	4.004,4	5.232,8	6.297,4	5.117,6	7.595,3	8.559,5	6.173,1	6.000,3	6.384,6	6.237,3	6.111,5
1.B.2.c.i. Venteo	2.520,1	3.265,7	3.981,0	3.294,6	4.902,6	5.999,0	4.909,3	4.710,4	4.787,7	4.862,2	4.741,7
1.B.2.c.i.1. Petróleo	2.046,9	2.753,9	3.205,7	2.448,6	3.657,9	4.679,8	3.642,4	3.426,2	3.511,6	3.617,3	3.605,3
1.B.2.c.i.2. Gas	473,2	511,8	775,3	846,0	1.244,8	1.319,2	1.266,9	1.284,2	1.276,1	1.244,9	1.136,4
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	1.484,3	1.967,1	2.316,4	1.823,0	2.692,7	2.560,6	1.263,8	1.289,8	1.596,9	1.375,1	1.369,8
1.B.2.c.ii.1. Petróleo	1.411,0	1.887,8	2.196,3	1.691,9	2.499,6	2.400,6	1.186,1	1.146,2	1.387,1	1.238,2	1.232,9
1.B.2.c.ii.2. Gas	73,3	79,3	120,0	131,0	193,1	160,0	77,7	143,6	209,8	136,9	136,9
1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	**4.521,7**	**5.851,8**	**7.111,8**	**5.888,7**	**8.706,8**	**9.662,0**	**7.295,9**	**7.134,0**	**7.480,9**	**7.311,3**	**7.126,3**

Fuente: Elaboración propia

Las emisiones fugitivas en petróleo y gas se agrupan en tres subcategorías principales: 1.B.2.a. Petróleo, 1.B.2.b. Gas natural y 1.B.2.c. Venteo y quema en antorcha. Esta última constituye la principal fuente de emisiones dentro de la categoría, aportando en promedio el 85,8 % de las emisiones totales en 2024, seguida por gas natural con 8,6 % y petróleo con 5,7 %. A su vez, dentro de la subcategoría de venteo y quema en antorcha predominan las emisiones por venteo, que representaron el 77,6 % del total de esta subcategoría en 2024, mientras que la quema en antorcha aportó el 22,4 % restante.

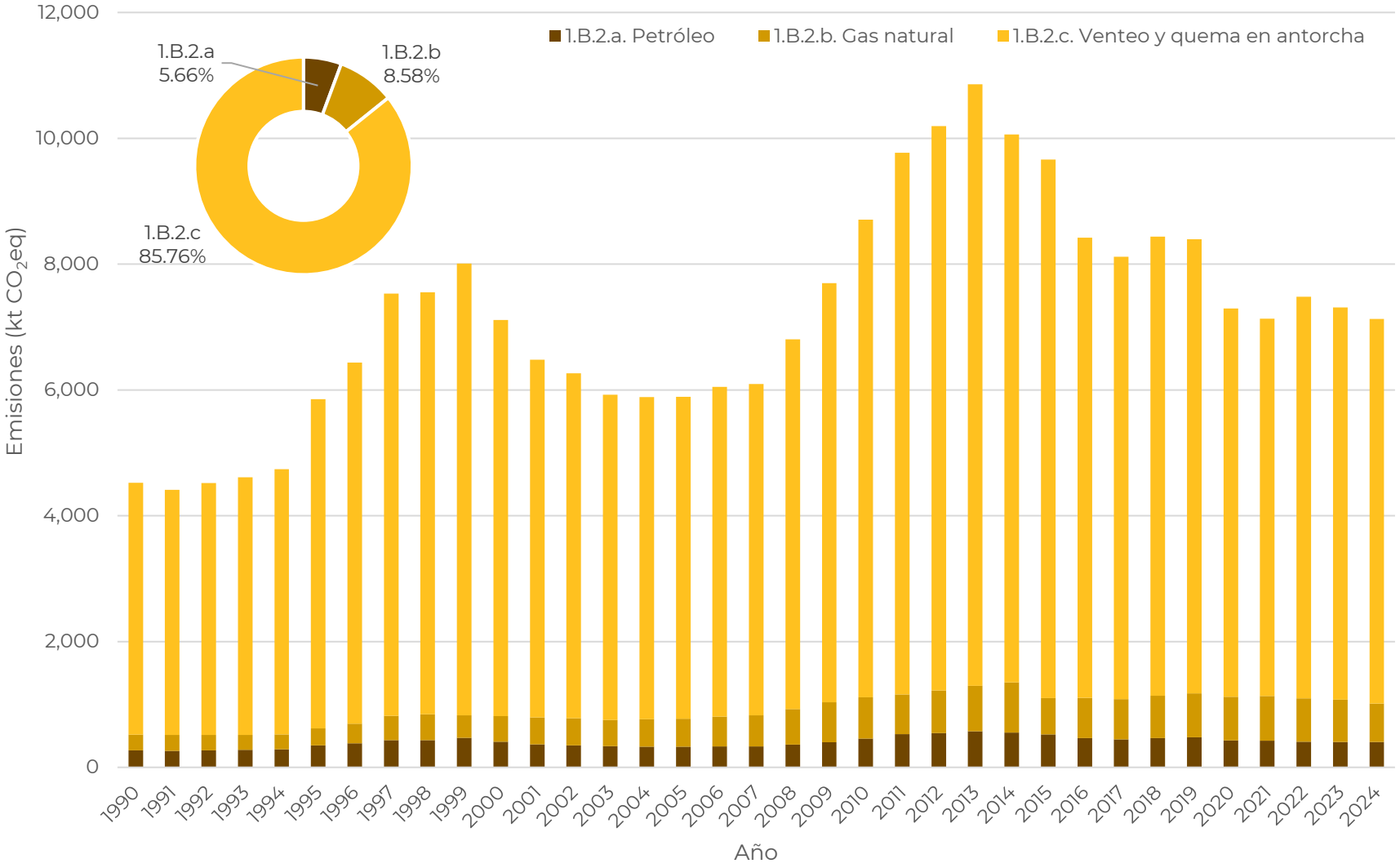


Figura 3-56. Petróleo y gas natural: Emisiones totales de GEI por subcategoría (kt CO_2eq), 1990-2024

Fuente: Elaboración propia

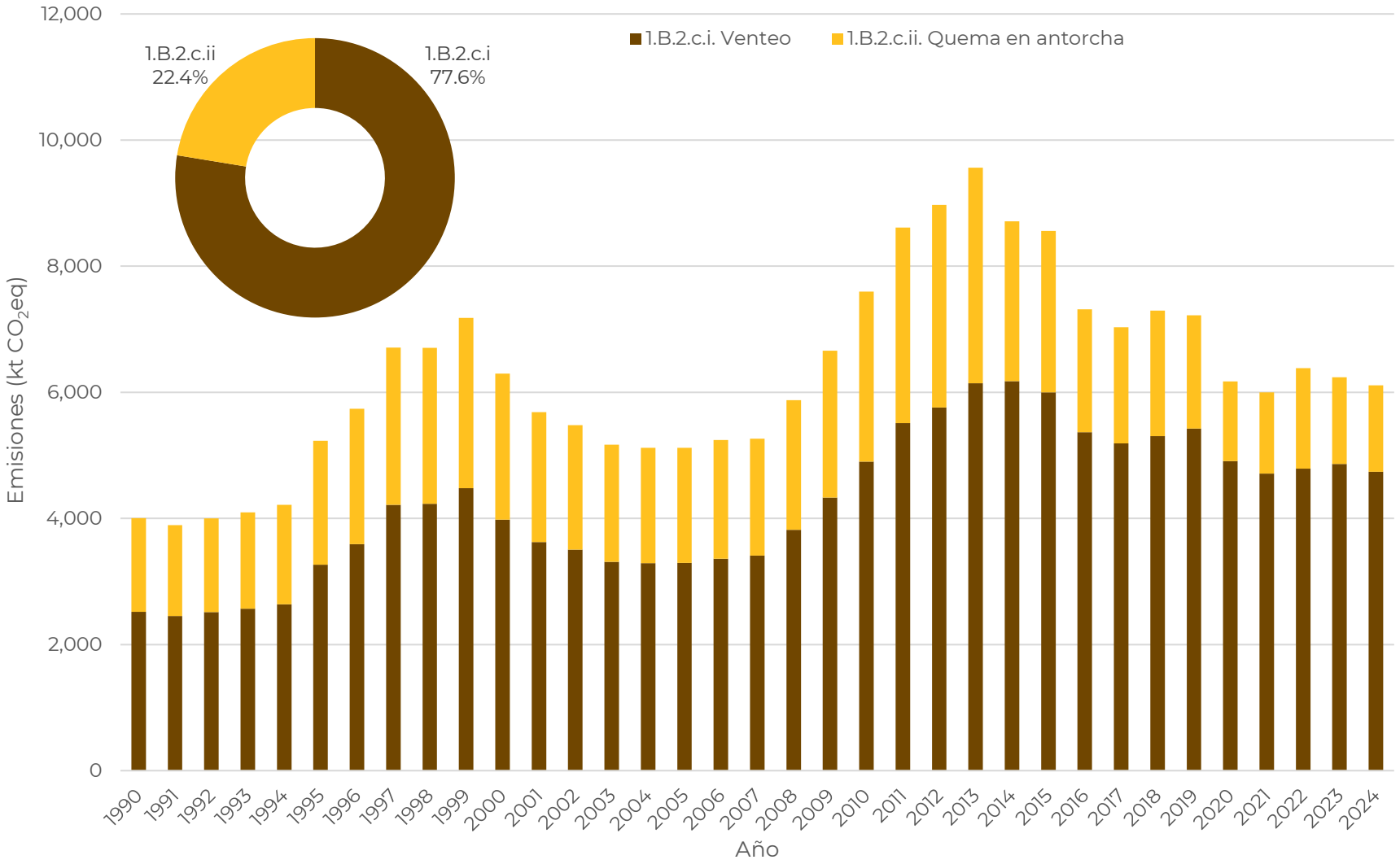


Figura 3-57. Petróleo y gas natural: Emisiones totales de GEI por subcategoría (kt CO_2eq), 1990-2024

Fuente: Elaboración propia

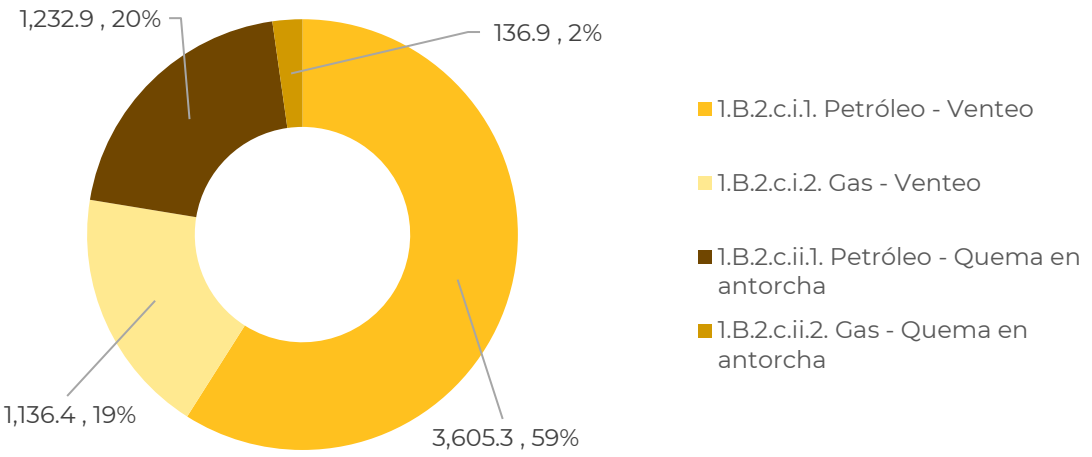


Figura 3-58. Petróleo y gas natural: Participación de las subcatergorías de 1.B.2.c. Venteo y quema en antorcha en las emisiones de GEI por subcategoría (kt CO_2eq), 2024

Fuente: Elaboración propia

Las emisiones totales de la categoría alcanzaron 7.126,3 kt CO_2eq en 2024, valor superior en 57,6 % al registrado en 1990 (4.521,7 kt CO_2eq), aunque inferior al máximo histórico observado en 2015, cuando las emisiones alcanzaron 9.662,0 kt CO_2eq. La evolución de la serie refleja estrechamente la dinámica del sector petrolero y gasífero nacional. Entre finales de la década de 1990 y mediados de la década de 2010 se observa un crecimiento sostenido asociado a la expansión de la exploración y producción de hidrocarburos, impulsada por el desarrollo de nuevos campos, particularmente en los Llanos Orientales, y por el fortalecimiento institucional del sector. Posteriormente, las emisiones muestran una tendencia descendente relacionada con la reducción de la producción de hidrocarburos, las fluctuaciones de los precios internacionales y la menor actividad exploratoria observada durante los últimos años.

Las actividades de venteo y quema en antorcha explican la mayor parte de la variabilidad temporal de la categoría. Sus emisiones aumentaron de 4.004,4 kt CO_2eq en 1990 a un máximo de 8.559,5 kt CO_2eq en 2015, para posteriormente descender hasta 6.111,5 kt CO_2eq en 2024. Dentro de esta subcategoría, el venteo asociado a sistemas petroleros constituye la principal fuente individual de emisiones, representando el 59 % del total de las emisiones por venteo y quema en antorcha durante 2024. Por su parte, las emisiones asociadas a gas natural crecieron de 248,6 kt CO_2eq en 1990 a 611,5 kt CO_2eq en 2024, equivalente a un incremento de 146 %. La mayor contribución proviene de las actividades de transmisión y almacenamiento, que representaron aproximadamente el 65 % de las emisiones de esta subcategoría en 2024. En contraste, las emisiones asociadas a petróleo aumentaron de 268,8 kt CO_2eq a 403,3 kt CO_2eq entre 1990 y 2024, registrando un incremento de 50 %, con predominio de las emisiones provenientes de producción y modernización de campos.

En cuanto a la composición por gases, el CH_4 fue el principal contribuyente durante toda la serie histórica, representando 82,6 % de las emisiones totales en 2024, seguido por CO_2 con 17,2 % y N_2O con apenas 0,2 %. Este predominio del metano es consistente con la naturaleza de las emisiones fugitivas, las cuales se originan principalmente por fugas y liberaciones intencionales de gas natural e hidrocarburos gaseosos a lo largo de la cadena de producción y transporte.

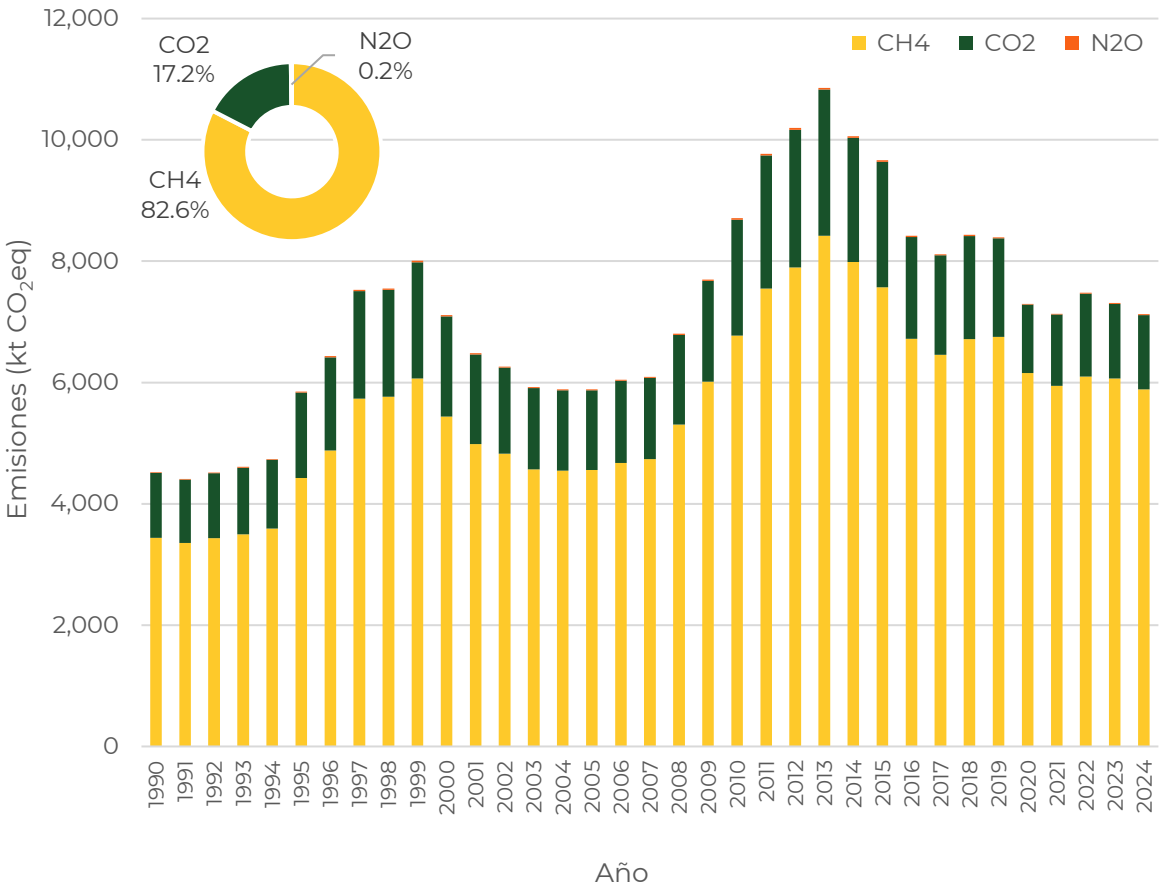


Figura 3-59. Petróleo y gas natural: Emisiones por GEI (kt CO_2eq), 1990 - 2024

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3-70. Petróleo y gas natural: Emisiones por tipo de GEI en la subcategoría de Petróleo y gas natural (kt CO_2eq)

GEI	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
CH_4	3.439,5	4.427,5	5.437,9	4.558,4	6.772,3	7.570,3	6.157,4	5.945,7	6.096,3	6.064,1	5.884,6
CO_2	1.069,3	1.407,0	1.653,7	1.314,6	1.910,9	2.065,8	1.125,6	1.174,8	1.368,6	1.233,2	1.227,7
N_2O	12,9	17,2	20,3	15,8	23,6	25,9	12,9	13,5	16,0	14,0	14,0
Total	**4.521,7**	**5.851,8**	**7.111,8**	**5.888,7**	**8.706,8**	**9.662,0**	**7.295,9**	**7.134,0**	**7.480,9**	**7.311,3**	**7.126,3**

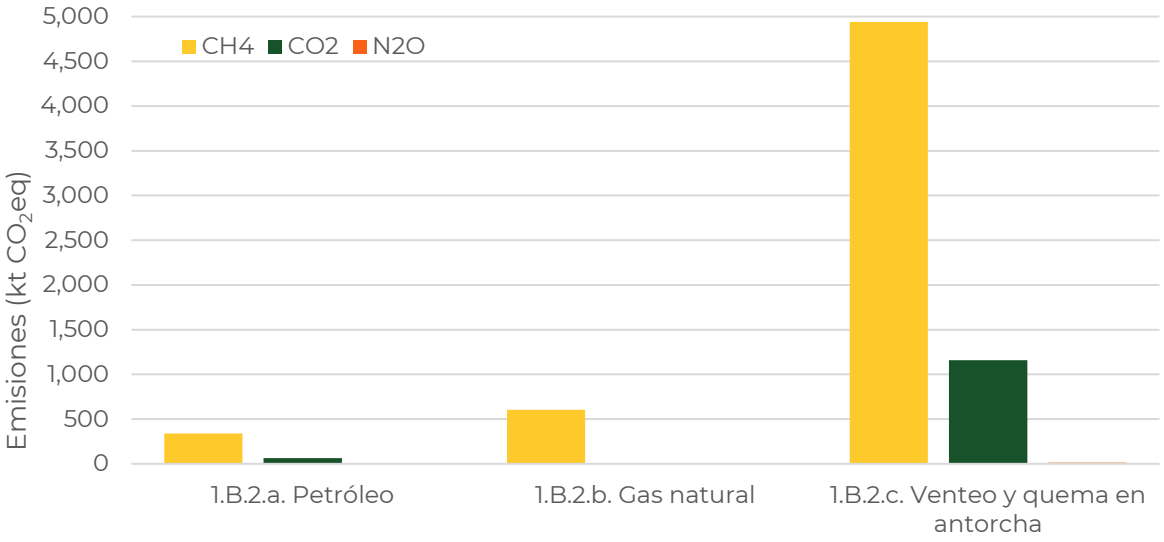


Figura 3-60. Petróleo y gas natural: Emisiones por GEI en cada subcategoría (kt CO_2eq), 2024

Fuente: Elaboración propia

Las emisiones de contaminantes criterio asociadas a la categoría 1.B.2 Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía fueron estimadas siguiendo las Guías EMEP/EEA 2019, considerando las actividades de producción, procesamiento, transporte, refinación, distribución, venteo y quema en antorcha de hidrocarburos. En 2024, las mayores emisiones correspondieron a COVDM (117,2 kt), seguidas por SO_X (5,4 kt), CO (0,9 kt) y NO_X (0,8 kt). Las emisiones de PM_{10} y $PM_{2.5}$ fueron considerablemente menores, alcanzando 0,1 kt y 0,044 kt, respectivamente. A diferencia de otras categorías del sector energía, las emisiones de esta categoría están dominadas por los compuestos orgánicos volátiles y los contaminantes asociados a las actividades de manejo, almacenamiento y liberación de hidrocarburos.

Tabla 3-71. Petróleo y gas natural: Emisiones por contaminante (kt)

Fuente	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía											
CO	0,5	0,6	0,7	0,7	0,7	0,5	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9
COVDM	59,0	73,8	92,8	81,6	118,8	141,3	121,5	118,5	119,8	121,4	117,2
NO_X	0,4	0,5	0,6	0,6	0,6	0,4	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8
PM_{10}	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
$PM_{2.5}$	$2,5E^{-02}$	$2,8E^{-02}$	$3,2E^{-02}$	$3,3E^{-02}$	$3,2E^{-02}$	$2,4E^{-02}$	$3,5E^{-02}$	$3,9E^{-02}$	$3,9E^{-02}$	$4,4E^{-02}$	$4,4E^{-02}$
SO_X	3,1	3,4	3,9	4,0	3,9	3,0	4,3	4,7	4,7	5,4	5,4
1.B.2.a. Petróleo											
CO	0,5	0,6	0,7	0,7	0,7	0,5	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9
COVDM	6,3	7,6	9,1	8,2	9,8	12,1	11,9	12,0	12,2	13,1	13,1
NO_X	0,4	0,5	0,6	0,6	0,6	0,4	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8
PM_{10}	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
$PM_{2.5}$	$2,5E^{-02}$	$2,8E^{-02}$	$3,2E^{-02}$	$3,3E^{-02}$	$3,2E^{-02}$	$2,4E^{-02}$	$3,5E^{-02}$	$3,9E^{-02}$	$3,9E^{-02}$	$4,4E^{-02}$	$4,4E^{-02}$
SO_X	3,1	3,4	3,9	4,0	3,9	3,0	4,3	4,7	4,7	5,4	5,4
1.B.2.b. Gas natural											
COVDM	0,7	0,7	1,1	1,2	1,8	1,9	1,9	1,9	1,9	1,8	1,7

Fuente	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
CO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
NO_X	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.B.2.c. Venteo y quema en antorcha											
CO	1,6,E^{-04}	1,8,E^{-04}	2,0,E^{-04}	2,1,E^{-04}	2,0,E^{-04}	1,5,E^{-04}	2,2,E^{-04}	2,5,E^{-04}	2,5,E^{-04}	2,8,E^{-04}	2,8,E^{-04}
COVDM	52,0	65,4	82,6	72,2	107,1	127,3	107,7	104,6	105,8	106,5	102,4
NO_X	7,3,E^{-04}	8,0,E^{-04}	9,1,E^{-04}	9,4,E^{-04}	9,2,E^{-04}	7,0,E^{-04}	1,0,E^{-03}	1,1,E^{-03}	1,1,E^{-03}	1,3,E^{-03}	1,3,E^{-03}
SO_X	1,0,E^{-03}	1,1,E^{-03}	1,3,E^{-03}	1,3,E^{-03}	1,3,E^{-03}	9,9,E^{-04}	1,4,E^{-03}	1,6,E^{-03}	1,6,E^{-03}	1,8,E^{-03}	1,8,E^{-03}

Fuente: Elaboración propia

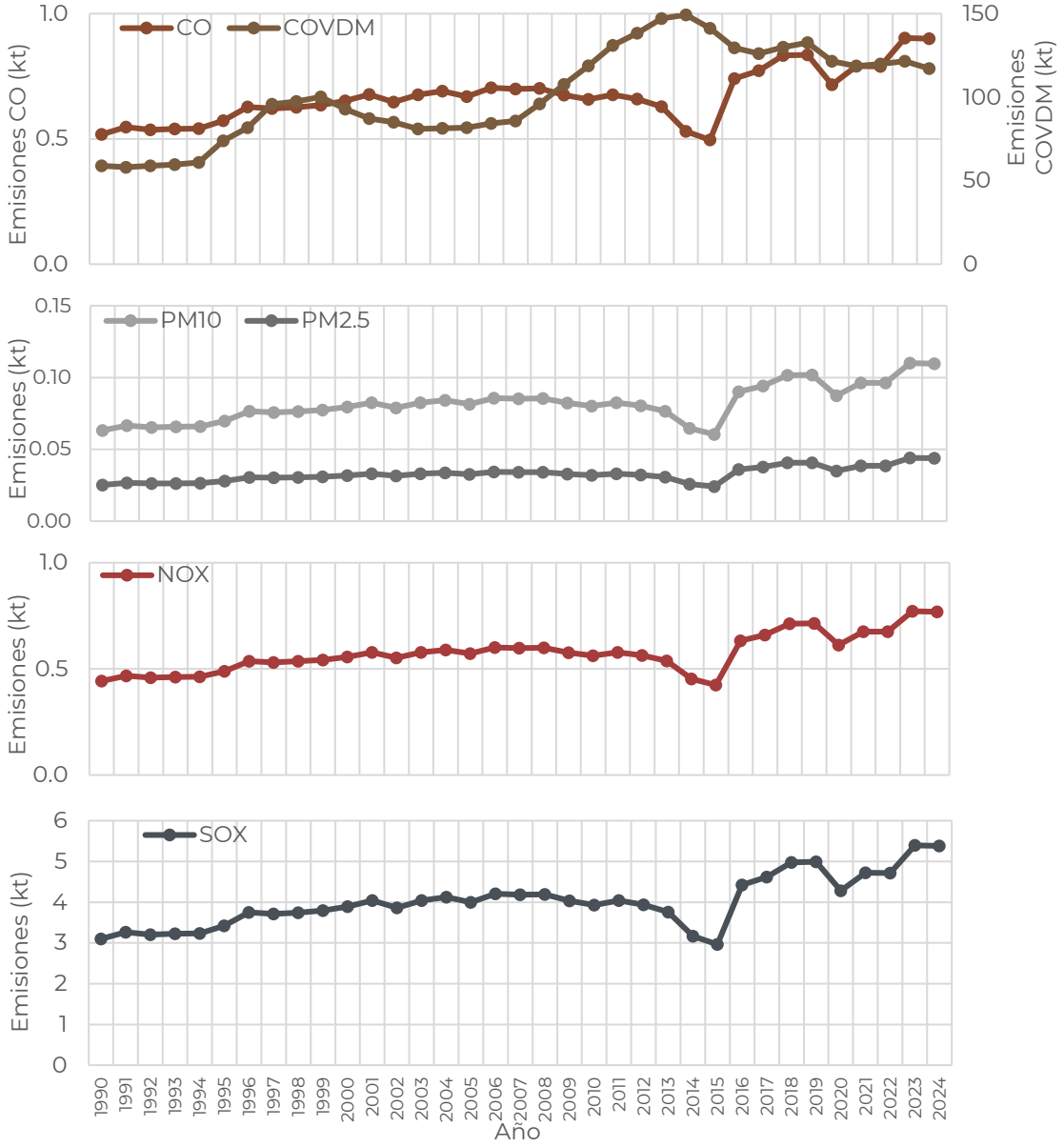


Figura 3-61. Petróleo y gas natural: Emisiones por contaminante (kt), 1990-2024.

Fuente: Elaboración propia

La evolución temporal muestra una tendencia de crecimiento de largo plazo, consistente con la expansión de la actividad petrolera y gasífera observada entre finales de la década de 1990 y mediados de la década de 2010. Las emisiones de COVDM, principal contaminante de la categoría, aumentaron de 59,0 kt en 1990 a 117,2 kt en 2024, equivalente a un incremento de 98,6 %, alcanzando un máximo histórico de 141,3 kt en 2015. De forma similar, las emisiones de SO_X crecieron de 3,1 kt a 5,4 kt entre 1990 y 2024 (74,2 %), mientras que CO y NO_X aumentaron aproximadamente 80 % durante el mismo período, pasando de 0,5 kt a 0,9 kt y de 0,4 kt a 0,8 kt, respectivamente. Después de 2015 se observa una reducción general en la mayoría de los contaminantes, coherente con la disminución de la producción de hidrocarburos y de las actividades de venteo y quema en antorcha. Al igual que ocurre con los GEI, la subcategoría 1.B.2.c. Venteo y quema en antorcha concentra la mayor parte de las emisiones de contaminantes criterio, particularmente de COVDM, al representar cerca del 87 % de las emisiones totales de este contaminante en 2024.

3.3.4.2 Aspectos metodológicos de la subcategoría

A partir de este ciclo de reporte, la estimación de las emisiones de la categoría 1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía incorpora el Refinamiento 2019 de las Directrices del IPCC de 2006. Esta actualización permite representar con mayor detalle la cadena de hidrocarburos, diferenciando entre sistemas de petróleo y sistemas de gas natural, así como entre los distintos subsegmentos asociados a la producción, procesamiento, refinación, transporte, almacenamiento y distribución, según corresponda. Asimismo, el Refinamiento 2019 permite distinguir las emisiones asociadas a fugas, venteos y quema en tea, de acuerdo con la estructura metodológica definida para esta categoría.

En términos generales, las emisiones fugitivas de petróleo y gas se estiman para los gases CO_2, CH_4 y N_2O, siendo este último relevante principalmente para la quema en tea. Para los segmentos en los que no se dispone de información nacional suficiente para desarrollar factores propios, se emplean factores de emisión por defecto del Refinamiento 2019, aplicados de forma consistente con la información de actividad disponible. Los resultados se agregan posteriormente de acuerdo con la estructura de reporte de las tablas CRT, garantizando la correspondencia entre el cálculo metodológico y la presentación oficial del inventario nacional.

Adicionalmente, para este ciclo de inventario se avanzó en el desarrollo de factores de emisión nacionales para segmentos específicos de la cadena de hidrocarburos. En particular, se construyeron factores propios asociados a fugas y quema en tea en sistemas de petróleo, para el segmento de producción, y en sistemas de gas natural, para los segmentos de producción y procesamiento. Este avance responde a la recomendación metodológica del IPCC de emplear factores de emisión que sean apropiados a las condiciones nacionales y temporales, teniendo en cuenta que los sistemas de petróleo y gas pueden presentar una alta variabilidad entre regiones, tipos de infraestructura, prácticas operativas y periodos de análisis.

La construcción de estos factores fue posible a partir de la información generada en el marco de los instrumentos regulatorios implementados por el Ministerio de Minas y Energía y la Agencia Nacional de Hidrocarburos. En particular, la Resolución 40066 de 2022 estableció requerimientos técnicos para la detección y reparación de fugas, así como para el aprovechamiento, quema y venteo de gas natural durante actividades de exploración y explotación de hidrocarburos. Posteriormente, la Resolución 40317 de 2023 y los instrumentos operativos desarrollados por la ANH permitieron avanzar en la captura de información por parte de las compañías operadoras del segmento upstream, incluyendo la línea base de fugas de gas natural y la información asociada a la eficiencia de teas y sus emisiones anuales.

La información recolectada para el año 2023 fue utilizada como base para estimar las emisiones de los segmentos en los que las empresas operaron y reportaron información, así como para derivar factores de emisión nacionales aplicables a la reconstrucción de la serie histórica. En este sentido, cuando la información nacional de un año específico se emplea para desarrollar factores representativos aplicados a otros años de la serie, el enfoque se considera consistente con una aproximación Tier 2 para dichos años. Para los demás segmentos de la categoría 1.B.2, en los que aún no se cuenta con información nacional suficiente para desarrollar factores propios, se mantienen los factores de emisión por defecto del Refinamiento 2019. Este procedimiento permite combinar, dentro de una misma categoría, distintos niveles metodológicos de acuerdo con la disponibilidad de información por segmento y subsegmento. De esta manera, el inventario conserva la consistencia temporal de la serie histórica, incorpora información nacional verificable en los segmentos donde esta se encuentra disponible y mantiene la trazabilidad metodológica frente a las Directrices del IPCC. El detalle de la construcción de los factores nacionales, las fuentes de información empleadas, los supuestos de reconstrucción histórica y los criterios de agregación se presenta en el Anexo 3.1. Emisiones fugitivas del sector energía (CRT 1.B).

Para la estimación de contaminantes criterio y carbono negro se emplean las Guías EMEP/EEA 2019, aplicando metodologías Tier 1 para todos los contaminantes estimados en esta categoría. Los factores de emisión se

asignan de acuerdo con el tipo de actividad y combustible involucrado en los procesos de producción, transporte, almacenamiento, venteo y quema en antorcha de hidrocarburos. Los contaminantes estimados incluyen CO, COVDM, NO_x, SO_x, PM_{10} y $PM_{2.5}$. Las guías se listan a continuación:

- 1.B.2.a.i, 1.B.2.b Fugitive emissions - Exploration production transport
- 1.B.2.a.iv Fugitive emissions oil - Refining, storage
- 1.B.2.c Venting and flaring

Tabla 3-72. Petróleo y gas natural: Aspectos metodológicos

Subcategoría	Contaminante	Nivel (Tier)	No. Ecuación	Ecuación	Fuente
1.B.2.a. Petróleo 1.B.2.a.ii. Producción y modernización	CO_2, CH_4	2	V. 2, Ch. 4, Ec. 4.2.10	$E_{producción\ de\ petróleo} = A_{producción\ de\ petróleo\ en\ tierra} \times EF_{producción\ de\ petróleo\ en\ tierra} + A_{producción\ de\ petróleo\ costa\ afuera} \times EF_{producción\ de\ petróleo\ costa\ afuera} + A_{procesamiento\ de\ arenas\ bituminosas} \times EF_{procesamiento\ de\ arenas\ bituminosas} + A_{mejoramiento\ de\ arenas\ bituminosas} \times EF_{mejoramiento\ de\ arenas\ bituninosas}$ Donde: $E_{producción\ de\ petróleo}$= cantidad total de gases de efecto invernadero (GEI) emitidos como resultado de todas las actividades relevantes de producción de petróleo. $A_{producción\ de\ petróleo\ en\ tierra}$= volumen de petróleo producido en operaciones terrestres o número de pozos terrestres activos. $EF_{producción\ de\ petróleo\ en\ tierra}$= factor de emisión para la producción de petróleo en tierra. $A_{producción\ de\ petróleo\ costa\ afuera}$= volumen de petróleo producido en operaciones costa afuera. $EF_{producción\ de\ petróleo\ costa\ afuera}$= factor de emisión para la producción de petróleo costa afuera. $A_{procesamiento\ de\ arenas\ bituminosas}$= volumen de betún crudo producido mediante minería superficial. $EF_{procesamiento\ de\ arenas\ bituminosas}$= factor de emisión para el procesamiento de arenas bituminosas. $A_{mejoramiento\ de\ arenas\ bituminosas}$= volumen de petróleo crudo sintético producido. $EF_{mejoramiento\ de\ arenas\ bituminosas}$= factor de emisión para el mejoramiento de arenas bituminosas.	IPCC, 2019
1.B.2.a. Petróleo 1.B.2.a.iii. Transporte	CO_2, CH_4	1	V. 2, Ch. 4, Ec. 4.2.11	$E_{transporte\ de\ petróleo} = A_{oleoductos} \times EF_{oleoductos} + A_{camiones\ cisterna\ y\ vagones\ ferroviarios} \times EF_{camiones\ cisterna\ y\ vagones\ ferroviarios} + A_{tanques} \times EF_{tanques} + A_{buques\ tanque} \times EF_{buques\ tanque}$ Donde: $E_{transporte\ de\ petróleo}$= cantidad total de gases de efecto invernadero (GEI) emitidos como resultado de todas las actividades relevantes de transporte de petróleo. $A_{oleoductos}$= volumen de petróleo transportado por oleoductos. $EF_{oleoductos}$= factor de emisión para el transporte de petróleo por oleoductos. $A_{camiones\ cisterna\ y\ vagones\ ferroviarios}$= volumen de petróleo transportado por camiones cisterna y vagones ferroviarios. $EF_{camiones\ cisterna\ y\ vagones\ ferroviarios}$= factor de emisión para el transporte de petróleo por camiones cisterna y vagones ferroviarios. $A_{tanques}$= volumen de petróleo crudo alimentado a los tanques de almacenamiento. $EF_{tanques}$= factor de emisión para los tanques de almacenamiento. $A_{buques\ tanque}$= volumen de petróleo cargado en buques tanque. $EF_{buques\ tanque}$= factor de emisión para el transporte de petróleo por buques tanque.	IPCC, 2019
1.B.2.a. Petróleo 1.B.2.a.iv. Refinamiento y almacenamiento	CO_2, CH_4, N_2O	1	V. 2, Ch. 4, Ec. 4.2.1	$E_{gas,refinación} = A_{refinación} \times EF_{gas,refinación}$ Donde: $E_{gas,\ refinación}$= emisiones anuales del gas de efecto invernadero (CO_2, CH_4 o N_2O) provenientes del proceso de refinación.	IPCC, 2019

Subcategoría	Contaminante	Nivel (Tier)	No. Ecuación	Ecuación	Fuente
				$A_{\text{refinación}}$= valor de la actividad asociado al proceso de refinación (unidades de actividad, normalmente el volumen o cantidad de petróleo crudo procesado). $EF_{\text{gas, refinación}}$= factor de emisión para el gas de efecto invernadero correspondiente al proceso de refinación. (Ecuación general adaptada a la subcategoría)	
1.B.2.b. Gas natural 1.B.2.b.ii. Producción y recolección	CO_2, CH_4	2 (1990 – 2022) 3 (2023 – 2024)	V. 2, Ch. 4, Ec. 4.2.14	$E_{producción} = A_{producción\ de\ gas\ en\ tierra} \times EF_{producción\ de\ gas\ en\ tierra} + A_{producción\ de\ metano\ de\ mantos\ de\ carbón\ en\ tierra} \times EF_{producción\ de\ metano\ de\ mantos\ de\ carbón\ en\ tierra} + A_{recolección} \times EF_{recolección} + A_{producción\ de\ gas\ costa\ afuera} \times EF_{producción\ de\ gas\ costa\ afuera}$ Donde: $E_{\text{producción}}$= cantidad total de gases de efecto invernadero (GEI) emitidos debido a todas las actividades relevantes de producción de gas natural. $A_{\text{producción de gas en tierra}}$= volumen de gas natural producido en operaciones terrestres o número de pozos terrestres activos. $EF_{\text{producción de gas en tierra}}$= factor de emisión para la producción de gas natural en tierra. $A_{\text{producción de metano de mantos de carbón en tierra}}$= volumen de metano de mantos de carbón producido en operaciones terrestres. $EF_{\text{producción de metano de mantos de carbón en tierra}}$= factor de emisión para la producción de metano de mantos de carbón en tierra. $A_{\text{recolección}}$= volumen de gas natural producido y transportado a través del sistema de recolección. $EF_{\text{recolección}}$= factor de emisión para la etapa de recolección del gas natural. $A_{\text{producción de gas costa afuera}}$= volumen de gas natural producido en operaciones costa afuera. $EF_{\text{producción de gas costa afuera}}$= factor de emisión para la producción de gas natural costa afuera.	IPCC, 2019
1.B.2.b. Gas natural 1.B.2.b.iii. Procesamiento	CO_2, CH_4	2 (1990 – 2022) 3 (2023 – 2024)	V. 2, Ch. 4, Ec. 4.2.15	$E_{procesamiento} = A_{gas\ procesado} \times EF_{LDAR\ o\ \text{sin}\ LDAR} + A_{gas\ ácido\ procesado} \times EF_{remoción\ de\ gas\ ácido}$ Donde: $E_{\text{procesamiento}}$= cantidad total de gases de efecto invernadero (GEI) emitidos como resultado de todas las actividades relevantes de procesamiento de gas natural. $A_{\text{gas procesado}}$= volumen de gas natural procesado o producido. $EF_{\text{LDAR o sin LDAR}}$= factor de emisión para el gas natural procesado, con o sin programas de detección y reparación de fugas (LDAR, *Leak Detection and Repair*). $A_{\text{gas ácido procesado}}$= volumen de gas ácido procesado. $EF_{\text{remoción de gas ácido}}$= factor de emisión para el procesamiento o remoción de gas ácido.	IPCC, 2019
1.B.2.b. Gas natural 1.B.2.b.iv. Transmisión y almacenamiento	CO_2, CH_4	1	V. 2, Ch. 4, Ec. 4.2.16	$E_{transmisión\ y\ almacenamiento} = A_{transmisión} \times EF_{transmisión} + A_{almacenamiento} \times EF_{almacenamiento} + A_{importación\ exportación\ de\ GNL} \times EF_{importación\ exportación\ de\ GN} + A_{almacenamiento\ de\ GNL} \times EF_{almacenamiento\ de\ GNL}$ Donde: $E_{\text{transmisión y almacenamiento}}$= cantidad total de GEI emitidos como resultado de todas las actividades relevantes de transmisión y almacenamiento de gas natural. $A_{\text{transmisión}}$= volumen de gas natural transportado o longitud de los gasoductos de transmisión. $EF_{\text{transmisión}}$= factor de emisión para la transmisión de gas natural. $A_{\text{almacenamiento}}$= volumen de gas natural almacenado. $EF_{\text{almacenamiento}}$= factor de emisión para el almacenamiento de gas natural. $A_{\text{importación/exportación de GNL}}$= número de instalaciones de importación y exportación de gas natural licuado (GNL). $EF_{\text{importación/exportación de GNL}}$= factor de emisión para las actividades de importación y exportación de GNL.	IPCC, 2019

Subcategoría	Contaminante	Nivel (Tier)	No. Ecuación	Ecuación	Fuente
				$A_{\text{almacenamiento de GNL}}$= número de instalaciones de almacenamiento de GNL. $EF_{\text{almacenamiento de GNL}}$= factor de emisión para el almacenamiento de GNL.	
1.B.2.b. Gas natural 1.B.2.b.v. Distribución	CO_2, CH_4	1	V. 2, Ch. 4, Ec. 4.2.17	$E_{distribución} = A_{distribución\ de\ gas} \times EF_{distribución\ de\ gas} + A_{almacenamiento\ en\ superficie} \times EF_{almacenamiento\ en\ superficie} + A_{Distribución\ de\ gas\ manufacturado} \times EF_{Distribución\ de\ gas\ manufacturado}$ Donde: $E_{\text{distribución}}$= cantidad total de gases de efecto invernadero (GEI) emitidos como resultado de todas las actividades relevantes de distribución de gas natural. $A_{\text{distribución de gas}}$= volumen de gas natural distribuido o longitud de la red de distribución de gas. $EF_{\text{distribución de gas}}$= factor de emisión para la distribución de gas natural. $A_{\text{almacenamiento en superficie}}$= volumen de gas natural almacenado en instalaciones de almacenamiento en superficie o consumido. $EF_{\text{almacenamiento en superficie}}$= factor de emisión para el almacenamiento en superficie. $A_{\text{distribución de gas manufacturado}}$= longitud de la red de distribución de gas manufacturado. $EF_{\text{distribución de gas manufacturado}}$= factor de emisión para la distribución de gas manufacturado.	IPCC, 2019
1.B.2.c. Venteo y quema en antorcha 1.B.2.c.i. Venteo	CO_2, CH_4	1	V. 2, Ch. 4, Ec. 4.2.1	Egas, segmento de la industria =Asegmento de la industria ×EFgas, segmento de la industria $E_{\text{gas, segmento de la industria}}$= emisiones anuales del gas de efecto invernadero (CO_2, CH_4 o N_2O) provenientes del segmento de la industria $A_{\text{segmento de la industria}}$= valor de la actividad correspondiente al segmento de la industria $EF_{\text{gas, segmento de la industria}}$ = factor de emisión del gas de efecto invernadero (CO_2, CH_4 o N_2O) para el segmento de la industria	IPCC, 2019
1.B.2.c. Venteo y quema en antorcha 1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	CO_2, CH_4, N_2O	2 (1990 – 2013) 3 (2014 – 2024)	V. 2, Ch. 4, Ec. 4.2.1	Egas, segmento de la industria =Asegmento de la industria ×EFgas, segmento de la industria $E_{\text{gas, segmento de la industria}}$= emisiones anuales del gas de efecto invernadero (CO_2, CH_4 o N_2O) provenientes del segmento de la industria $A_{\text{segmento de la industria}}$= valor de la actividad correspondiente al segmento de la industria $EF_{\text{gas, segmento de la industria}}$ = factor de emisión del gas de efecto invernadero (CO_2, CH_4 o N_2O) para el segmento de la industria	IPCC, 2019
1.B.2.a.ii. Producción y modernización 1.B.2.a.iii. Transporte	COVDM	1	V. 1 Ch. 1.B.2.a.i, 1.B.2.b, Ec. 1	$E_{contaminante} = AR_{producción} \times EF_{contaminante}$ Donde: $E_{\text{contaminante}}$= emisión del contaminante especificado. $AR_{\text{producción}}$= tasa de actividad asociada a la actividad. $EF_{\text{contaminante}}$= factor de emisión del contaminante.	EMEP/EEA, 2019
1.B.2.a.iv. Refinamiento y almacenamiento	CO, COVDM, NOx, PM_{10}, $PM_{2.5}$, SO_x	1	V. 1 Ch. 1.B.2.a.iv, Ec. 1	$E_{contaminante} = AR_{producción} \times EF_{contaminante}$ Donde: $E_{\text{contaminante}}$= emisión del contaminante especificado. $AR_{\text{producción}}$= tasa de actividad asociada a la actividad. $EF_{\text{contaminante}}$= factor de emisión del contaminante.	EMEP/EEA, 2019
1.B.2.b. Gas natural	COVDM	1	V. 1 Ch. 1.B.2.a.i, 1.B.2.b, Ec. 1	$E_{contaminante} = AR_{producción} \times EF_{contaminante}$ Donde: $E_{\text{contaminante}}$= emisión del contaminante especificado. $AR_{\text{producción}}$= tasa de actividad asociada a la actividad. $EF_{\text{contaminante}}$= factor de emisión del contaminante.	EMEP/EEA, 2019
1.B.2.c.i. Venteo	COVDM	1	V. 1 Ch. 1.B.2.c, Ec. 1	$E_{contaminante} = AR_{producción} \times EF_{contaminante}$ Donde: $E_{\text{contaminante}}$= emisión del contaminante especificado.	EMEP/EEA, 2019

Subcategoría	Contaminante	Nivel (Tier)	No. Ecuación	Ecuación	Fuente
				$AR_{producción}$= tasa de actividad asociada a la actividad. $EF_{contaminante}$= factor de emisión del contaminante.	
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha - 1.B.2.c.ii.1. Petróleo	COVDM, CO, NO_X, SO_X	1	V. 1 Ch. 1.B.2.c, Ec. 1	$E_{contaminante} = AR_{producción} \times EF_{contaminante}$ Donde: $E_{contaminante}$= emisión del contaminante especificado. $AR_{producción}$= tasa de actividad asociada a la actividad. $EF_{contaminante}$= factor de emisión del contaminante.	EMEP/EEA, 2019
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha - 1.B.2.c.ii.2. Gas	COVDM	1	V. 1 Ch. 1.B.2.c, Ec. 1	$E_{contaminante} = AR_{producción} \times EF_{contaminante}$ Donde: $E_{contaminante}$= emisión del contaminante especificado. $AR_{producción}$= tasa de actividad asociada a la actividad. $EF_{contaminante}$= factor de emisión del contaminante.	EMEP/EEA, 2019

Las ecuaciones presentadas en esta sección se reportan siguiendo la estructura metodológica establecida en el Refinamiento 2019 de las Directrices del IPCC de 2006. No obstante, para su aplicación al caso nacional, algunos términos pueden simplificarse o no ser considerados cuando la actividad, fuente o subsegmento específico al que hacen referencia no ocurre en el país, no es aplicable a la configuración del sistema nacional de petróleo y gas, o no cuenta con información de actividad disponible para su cuantificación. Para una adecuada interpretación de la aplicación de cada ecuación, se recomienda revisar conjuntamente la sección de datos de actividad y factores de emisión, donde se detallan las fuentes de información utilizadas, los supuestos aplicados y los segmentos efectivamente considerados en la estimación.

3.3.4.2.1 Datos de actividad de la subcategoría

Para la subcategoría 1.B.2.a Petróleo, los datos de actividad incluyeron la producción de petróleo, los volúmenes transportados por oleoducto y la cantidad de crudo refinado. La producción de petróleo (1.B.2.a.ii) se empleó como variable base para la estimación de emisiones fugitivas en producción y manejo, mientras que las subcategorías transporte (1.B.2.a.iii) y refinamiento (1.B.2.a.iv) se representaron mediante los volúmenes transportados y el crudo refinado, respectivamente, en coherencia con la operación de la infraestructura y los procesos de transformación.

Para la subcategoría 1.B.2.b Gas natural, los datos de actividad incluyeron la producción de gas natural, los volúmenes de gas enviados a planta, el gas natural comercializable y el gas distribuido. La producción de gas natural (1.B.2.b.ii) se utilizó como variable principal de la actividad upstream; el gas enviado a planta (1.B.2.b.iii) representó el procesamiento; el gas natural comercializable (1.B.2.b.iv) se empleó como variable de transmisión y almacenamiento, derivada del balance del sistema; y el gas distribuido (1.B.2.b.v) representó la etapa de distribución.

En la subcategoría 1.B.2.c Venteo y quema en antorcha, los datos de actividad se definieron mediante combinaciones de variables asociadas a la operación upstream y al manejo de gas, en función de su relación con la ocurrencia de estas emisiones. Para venteo (1.B.2.c.i) y quema en antorcha (1.B.2.c.ii) se emplearon variables como producción de petróleo, producción de gas natural, gas enviado a planta, gas natural comercializable, gas quemado, volúmenes refinados y número de pozos perforados, diferenciando entre petróleo y gas.

Los datos de actividad fueron recopilados a partir de fuentes oficiales del sector hidrocarburos. Para los periodos con información reportada, las principales fuentes correspondieron a los sistemas del Ministerio de Minas y Energía (Minenergía), con información consolidada de operadores a través del esquema MRVme (Sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación del sector minero energético), así como registros consolidados de la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) y Ecopetrol para las diferentes actividades consideradas. Adicionalmente, se utilizaron datos del Balance Energético Colombiano – BECO (Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), 2025). Los datos se reportaron a nivel nacional, con periodicidad anual para el periodo 1990–2024 y fueron organizados de acuerdo con las subcategorías y variables definidas. La estructura de los datos mantiene consistencia entre los distintos segmentos de la cadena de valor y asegura la correspondencia entre actividad y emisiones, así como la trazabilidad de la información utilizada en las estimaciones.

En general, se realizó el recálculo de la serie temporal completa como resultado de la actualización de las fuentes de datos utilizadas e implementación de mejoras metodológicas en las estimaciones.

La Tabla 3-73 presenta las fuentes de información de los datos de actividad utilizados en la subcategoría 1.B.2. Petróleo y gas natural, incluyendo los periodos de cobertura, las fuentes de información y las consideraciones metodológicas asociadas, tales como la aplicación de técnicas de empalme y recálculo de las series temporales.

En la Tabla 3-74 se presentan los datos de actividad de la 1.B.2. Petróleo y gas natural.

Tabla 3-73. Petróleo y gas natural: Fuente de información de datos de actividad

Dato de actividad		Periodo	Fuente	Observación
1.B.2.a Petróleo				
1.B.2.a.ii Producción y modernización – Producción de petróleo	Producción de Petróleo	1990–2004	Técnica de empalme: UPME–BECO	La serie histórica se construyó a partir de la producción de petróleo como variable de actividad, empleando relaciones derivadas de años con mayor nivel de detalle operativo. La integración consideró la correspondencia entre actividad y emisiones mediante la articulación campo–facilidad, permitiendo representar las condiciones operativas del segmento upstream en ausencia de datos reportados.
		2005–2024	MRVme–ANH	Datos de la producción de petróleo reportados por operadores y consolidados en MRVme, consistentes con la información operativa de facilidades de producción y su relación directa con emisiones por tipo de fuente.
1.B.2.a.iii Transporte por oleoducto	Transporte por oleoducto	1990–2009	Técnica de empalme: Minenergía-MRVme	La serie se reconstruyó empleando volúmenes transportados como variable de actividad, manteniendo coherencia estructural con la producción de petróleo y el flujo del sistema de transporte.
		2010–2024	Minenergía-MRVme	Datos de volúmenes transportados reportados del sistema de transporte de hidrocarburos, consistentes con la operación de la infraestructura de oleoductos.
1.B.2.a.iv Refinamiento y almacenamiento	Refinación	1990–2005	Técnica de empalme: UPME–BECO	La serie se construyó utilizando la cantidad de crudo refinado como variable de actividad, asegurando consistencia con los procesos de transformación y la relación entre insumo y producto en el sistema de refinación.
		2006–2024	MRVme–Ecopetrol	Datos reportados de refinación a nivel de planta, consistentes con la operación del sector y la transformación de hidrocarburos.
1.B.2.b Gas natural				
1.B.2.b.ii Producción y recolección	Producción de gas	1990–2004	Técnica de empalme: UPME–BECO	La serie histórica se construyó a partir de producción de gas natural como variable de actividad, utilizando proporciones derivadas de periodos con información operativa detallada y manteniendo consistencia con la estructura de producción y recolección.
		2005–2024	MRVme–ANH	Datos reportados de producción de gas natural, consistentes con la información operativa de facilidades y la actividad upstream.
1.B.2.b.iii Procesamiento	Producción de gas (Plantas de gas)	1990–2009	Técnica de empalme: UPME–BECO	La serie se construyó empleando los volúmenes de gas enviados a planta de gas como variable sustituta del procesamiento, en función de su relación directa con la producción de gas natural y la operación de las plantas de gas.
		2010–2024	MRVme–ANH	Datos reportados de los volúmenes de gas en operación de plantas de gas, consistentes con la actividad de procesamiento.
1.B.2.b.iv Transmisión y almacenamiento	Transmisión y almacenamiento (Gas natural comercializable)	1990–2009	Técnica de empalme: Minenergía–MRVme	La serie se construyó utilizando los volúmenes de gas natural comercializable, como variable derivada de las actividades de transmisión y almacenamiento, derivada del balance del sistema (producción, procesamiento y usos), asegurando coherencia entre segmentos.
		2010–2024	MRVme–ANH	Datos reportados de volúmenes de gas natural comercializable en actividades de transmisión y almacenamiento (de manera desagregada), consistentes con la infraestructura de transporte de gas.
1.B.2.b.v Distribución –	Distribución de gas	1990–2009	Técnica de empalme:	La serie se construyó utilizando los volúmenes de gas distribuido como variable derivada del de la distribución de gas, manteniendo consistencia en la cadena de suministro.

Dato de actividad		Periodo	Fuente	Observación
Gas natural distribuido			Minenergía–MRVme	
		2010–2024	MRVme–ANH	Datos reportados del sistema de distribución de gas natural.
1.B.2.c.i. Venteo				
1.B.2.c.i.1. Petróleo	Producción de petróleo	1990–2005	Técnica de empalme: UPME–BECO	La serie histórica se construyó a partir de la producción de petróleo como variable de actividad.
		2005–2024	MRVme–ANH	Datos reportados de la producción de petróleo del sector hidrocarburos, consistentes con la actividad operativa registrada a nivel de facilidades.
	Pozos de crudo perforados	1990–2009	Técnica de empalme: MRVme–ANH	La serie histórica se construyó a partir de la cantidad de pozos de crudo perforados como variable de actividad.
		2010–2024	MRVme–ANH	Datos de la cantidad de pozos de crudo perforados reportados del sector hidrocarburos, consistentes con la actividad operativa registrada a nivel de facilidades.
1.B.2.c.i.2. Gas	Producción de gas	1990–2009	Técnica de empalme: MRVme–ANH	La serie histórica se construyó a partir de los volúmenes producidos de gas como variable de actividad.
		2010–2024	MRVme–ANH	Datos de la producción de gas reportados, consistentes con la actividad operativa registrada a nivel de facilidades.
	Pozos de gas perforados	1990–2009	Técnica de empalme: MRVme–ANH	La serie histórica se construyó a partir de la cantidad de pozos de gas perforados como variable de actividad.
		2010–2024	MRVme–ANH	Datos de la cantidad de pozos de gas perforados reportados, consistentes con la actividad operativa registrada a nivel de facilidades.
	Transmisión y almacenamiento (Gas natural comercializable)	1990–2009	Técnica de empalme: Minenergía–MRVme	La serie se construyó utilizando los volúmenes de gas natural comercializable, como variable derivada de las actividades de transmisión y almacenamiento, derivada del balance del sistema (producción, procesamiento y usos), asegurando coherencia entre segmentos.
		2010–2024	MRVme–ANH	Datos reportados de volúmenes de gas natural comercializable en actividades de transmisión y almacenamiento (de manera desagregada), consistentes con la infraestructura de transporte de gas.
1.B.2.c.ii Quema en antorcha				
1.B.2.c.ii.1. Petróleo	Producción de petróleo, pozos de crudo perforados, refinación y cantidad de gas quemado	1990–2009	Técnica de empalme: MRVme–ANH	La serie histórica se construyó a partir de la producción de petróleo, cantidad de pozos de crudo perforados, cantidad de petróleo refinado y cantidad de gas quemado, como variables de actividad.
		2010–2024	MRVme–ANH	Datos reportados consistentes con la actividad operativa registrada a nivel de facilidades.

Dato de actividad		Periodo	Fuente	Observación
1.B.2.c.ii.2. Gas	Producción de gas y producción de gas (Plantas de gas)	1990–2009	Técnica de empalme: MRVme–ANH	La serie histórica se construyó a partir de la producción de gas (incluyendo plantas de gas), cantidad de pozos de gas perforados, transmisión y almacenamiento de gas natural comercializable como variables de actividad.
	Pozos de gas perforados Transmisión y almacenamiento (Gas natural comercializable)	2010–2024	MRVme–ANH	Datos reportados consistentes con la actividad operativa registrada a nivel de facilidades.

Nota: UPME: Unidad de Planeación Minero energética. BECO: Balance Energético Colombiano; ANH: Agencia Nacional de Hidrocarburos. Minenergía: Ministerio de minas y energía; MRVme: Sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación del sector minero energético; Ecopetrol: Empresa Colombiana de Petróleos. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3-74. Petróleo y gas natural: datos de actividad por combustible o fuente de GEI, carbono negro y contaminantes criterio

Año	1.B.2.a.ii. Producción y modernización 1.B.2.c.i.1. Petróleo 1.B.2.c.ii.1. Petróleo	1.B.2.a.iii. Transporte	1.B.2.a.iv. Refinamiento y almacenamiento 1.B.2.c.ii.1. Petróleo	1.B.2.b.ii. Producción y recolección 1.B.2.b.iii. Procesamiento 1.B.2.c.i.2. Gas 1.B.2.c.ii.2. Gas	1.B.2.b.iv. Transmisión y Almacenamiento 1.B.2.c.i.2. Gas	1.B.2.b.v. Distribución	1.B.2.c.i.1. Petróleo 1.B.2.c.ii.1. Petróleo	1.B.2.c.i.2. Gas 1.B.2.c.ii.2. Gas	1.B.2.c.ii.2. Gas
	Producción de Petróleo	Transporte por oleoducto	Refinación	Producción de gas	(Gas natural comercializable)	Distribución de gas	Pozos de crudo perforados	Pozos de gas perforados	Gas natural comercializable
	(1E+03 m³)	(1E+03 m³)	(1E+03 m³)	(1E+06 m³)	(1E+06 m³)	(1E+06 m³)	(UND)	(UND)	(1E+06 m³)
1990	25.526,6	4.468,3	13.458,1	4.934,7	8.674,6	4.337,3	222	24	8.326,9
1991	24.648,5	4.468,3	14.196,5	4.985,4	8.763,7	4.381,9	215	24	8.414,5
1992	25.525,3	4.567,4	13.929,4	4.891,3	8.598,3	4.299,1	221	24	8.253,5
1993	26.352,4	4.666,5	14.011,4	4.731,1	8.316,6	4.158,3	228	23	7.477,6
1994	27.280,1	4.765,5	14.051,3	4.712,0	8.283,1	4.141,6	229	23	7.784,1
1995	34.343,9	4.864,6	14.859,1	5.337,1	9.381,8	4.690,9	295	26	9.098,9
1996	37.394,3	4.963,6	16.294,1	6.198,7	10.896,6	5.448,3	304	30	10.430,1
1997	43.450,1	4.963,6	16.126,7	7.654,1	13.454,9	6.727,5	329	37	12.744,8
1998	42.931,7	11.168,2	16.274,7	8.217,1	14.444,5	7.222,3	380	40	14.616,4
1999	47.371,8	11.168,2	16.485,6	7.121,6	12.518,8	6.259,4	411	34	10.644,8
2000	39.978,1	11.168,2	16.924,3	8.085,7	14.213,6	7.106,8	346	39	12.452,3
2001	35.058,3	11.168,2	17.575,0	8.495,5	14.933,9	7.466,9	305	41	12.807,8
2002	33.469,8	11.168,2	16.785,7	8.573,1	15.070,4	7.535,2	291	41	13.148,9
2003	31.358,8	11.168,2	17.562,0	8.301,4	14.592,8	7.296,4	273	40	12.718,5
2004	30.700,9	11.168,2	17.926,3	8.635,8	15.180,5	7.590,3	266	42	13.276,5
2005	30.536,7	11.168,2	17.363,5	8.822,1	15.508,2	7.754,1	265	43	14.052,0

Año	1.B.2.a.ii. Producción y modernización 1.B.2.c.i.1. Petróleo 1.B.2.c.ii.1. Petróleo	1.B.2.a.iii. Transporte	1.B.2.a.iv. Refinamiento y almacenamiento 1.B.2.c.ii.1. Petróleo	1.B.2.b.ii. Producción y recolección 1.B.2.b.iii. Procesamiento 1.B.2.c.i.2. Gas 1.B.2.c.ii.2. Gas	1.B.2.b.iv. Transmisión y Almacenamiento 1.B.2.c.i.2. Gas	1.B.2.b.v. Distribución	1.B.2.c.i.1. Petróleo 1.B.2.c.ii.1. Petróleo	1.B.2.c.i.2. Gas 1.B.2.c.ii.2. Gas	1.B.2.c.ii.2. Gas
	Producción de Petróleo	Transporte por oleoducto	Refinación	Producción de gas	(Gas natural comercializable)	Distribución de gas	Pozos de crudo perforados	Pozos de gas perforados	Gas natural comercializable
	(1E+03 m³)	(1E+03 m³)	(1E+03 m³)	(1E+06 m³)	(1E+06 m³)	(1E+06 m³)	(UND)	(UND)	(1E+06 m³)
2006	30.605,7	11.168,2	18.272,1	9.416,9	16.553,7	8.276,9	266	60	13.713,9
2007	30.812,9	11.168,2	18.170,5	9.808,4	17.241,8	8.620,9	269	47	14.123,7
2008	34.178,1	11.168,2	18.205,9	11.243,4	19.764,3	9.882,2	277	54	26.426,2
2009	38.915,3	12.222,9	17.514,6	12.619,4	22.183,2	11.091,6	396	61	28.176,6
2010	45.604,0	13.277,7	17.080,7	12.994,8	22.843,2	11.421,6	484	55	22.843,2
2011	53.113,1	26.907,7	17.569,2	13.052,4	22.043,2	11.021,6	561	125	22.043,2
2012	54.937,7	43.856,5	17.103,6	14.128,0	23.698,2	11.849,1	580	131	23.698,2
2013	58.537,9	49.225,7	16.314,9	15.249,2	25.218,3	12.609,2	774	55	25.218,3
2014	57.474,9	50.801,3	13.768,1	16.316,6	27.942,7	13.971,4	741	113	27.942,7
2015	58.355,6	52.131,3	12.875,6	14.288,1	20.025,4	10.012,7	544	25	20.025,4
2016	51.544,9	46.126,9	19.224,4	13.041,4	22.186,8	11.093,4	145	13	22.186,8
2017	49.560,2	46.882,2	20.051,7	12.775,2	21.828,4	10.914,2	455	47	21.828,4
2018	50.224,2	47.609,6	21.640,5	13.402,7	23.187,6	11.593,8	527	45	23.187,6
2019	51.405,0	51.026,9	21.683,3	13.635,5	23.607,7	11.803,8	855	26	23.607,7
2020	45.450,7	45.955,2	18.609,0	13.277,7	23.496,1	11.748,0	214	17	23.496,1
2021	42.731,1	43.396,7	20.525,3	13.395,0	24.214,3	12.107,1	348	28	24.214,3
2022	43.770,7	44.452,6	20.504,0	13.312,0	23.780,7	11.890,4	529	42	23.780,7
2023	45.098,4	45.800,9	23.441,4	12.991,7	23.208,4	11.604,2	479	38	23.208,4
2024	44.962,5	45.662,9	23.370,8	11.867,1	21.199,5	10.599,7	381	30	23.208,4

Nota: NO: No ocurre. Fuente: Elaboración propia.

Las técnicas de empalme descritas a continuación se aplicaron conforme a la orientación del Capítulo 5 de las Directrices del IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006)sobre coherencia de la serie temporal. Las metodologías implementadas responden a la disponibilidad de información histórica y a la necesidad de garantizar continuidad, consistencia operativa y correspondencia entre actividad y emisiones para la categoría 1.B.2 Petróleo y gas natural.

- **1.B.2.a Petróleo**

Para la subcategoría 1.B.2.a.ii Producción y modernización, los datos de actividad de la serie histórica se construyeron principalmente a partir de las estadísticas de producción de petróleo reportadas por la Agencia Nacional de Hidrocarburos. Esta información fue complementada con datos del Balance Energético Colombiano para los años en los que fue necesario completar la serie, asegurando la continuidad temporal y la consistencia de la información utilizada en la estimación.

Para la subcategoría 1.B.2.a.iii Transporte por oleoducto, la serie para el periodo 1990–2009 se reconstruyó mediante empalme utilizando los volúmenes transportados como variable de actividad, asegurando coherencia con la producción de petróleo y el flujo del sistema de transporte. El empalme se basó en la relación estructural entre producción y transporte, permitiendo mantener la consistencia de la serie a lo largo del tiempo.

Para la subcategoría 1.B.2.a.iv Refinamiento y almacenamiento, la serie para el periodo 1990–2005 se reconstruyó mediante empalme utilizando la cantidad de crudo refinado como variable de actividad. La integración de la serie consideró la relación insumo–producto del proceso de refinación, permitiendo mantener consistencia entre la transformación de hidrocarburos y las emisiones asociadas.

- **1.B.2.b Gas natural**

Para las subcategorías 1.B.2.b.ii Producción y recolección y 1.B.2.b.iii Procesamiento, la serie histórica de datos de actividad se construyó a partir de las estadísticas de producción de gas natural reportadas por la Agencia Nacional de Hidrocarburos, complementadas con información del Balance Energético Colombiano para completar los años requeridos de la serie.

En la subcategoría 1.B.2.b.iv Transmisión y almacenamiento, la serie para el periodo 1990–2009 se reconstruyó mediante empalme utilizando el gas natural comercializable como variable de actividad, derivada del balance del sistema (producción, procesamiento y consumo). Este enfoque permitió mantener la coherencia entre los distintos segmentos del sistema de gas natural.

Para la subcategoría 1.B.2.b.v Distribución, la serie para el periodo 1990–2009 se reconstruyó mediante empalme utilizando los volúmenes de gas distribuido como variable derivada del gas comercializable, manteniendo la consistencia de la cadena de suministro de gas natural.

- **1.B.2.c Venteo y quema en antorcha**

Para la subcategoría 1.B.2.c.i Venteo, el empalme se realizó diferenciando entre petróleo y gas, utilizando variables de actividad específicas para cada caso.

En 1.B.2.c.i.1 Petróleo, la serie para el periodo 1990–2005 se reconstruyó utilizando la producción de petróleo y la cantidad de pozos perforados para periodos específicos, permitiendo representar la intensidad de la actividad upstream asociada al venteo.

En 1.B.2.c.i.2 Gas, la serie para el periodo 1990–2009 se reconstruyó utilizando la producción de gas natural, el número de pozos de gas perforados y los volúmenes de gas natural comercializable, en función de su relación con la ocurrencia del venteo en el sistema de gas.

Para la subcategoría 1.B.2.c.ii Quema en antorcha, el empalme igualmente se realizó diferenciando entre petróleo y gas, mediante el uso de combinaciones de variables de actividad.

En 1.B.2.c.ii.1 Petróleo, la serie para el periodo 1990–2009 se reconstruyó utilizando la producción de petróleo, la cantidad de pozos de crudo perforados, el crudo refinado y la cantidad de gas quemado, permitiendo capturar la dinámica operativa asociada a la quema en antorcha en instalaciones petroleras.

En 1.B.2.c.ii.2 Gas, la serie para el periodo 1990–2009 se reconstruyó utilizando la producción de gas natural, los volúmenes de gas en plantas de gas, la cantidad de pozos de gas perforados y el gas natural comercializable, reflejando las condiciones del manejo de gas y su relación con la quema en antorcha.

3.3.4.2.2 Factores de emisión aplicados en la subcategoría

Los factores de emisión utilizados para la estimación de las emisiones fugitivas en la categoría 1.B.2. Petróleo y gas natural, fueron seleccionados y desarrollados considerando la disponibilidad de información nacional y las recomendaciones metodológicas de las Directrices del IPCC y su Refinamiento (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006a, 2019a). La estimación combinó el uso de factores de emisión nacionales (Tier 2 y Tier 3) para los segmentos con información operativa disponible y factores por defecto (Tier 1) para aquellos segmentos

en los que no se dispuso de información nacional desagregada, en coherencia con el enfoque metodológico del IPCC.

En particular, para los segmentos upstream (producción de petróleo, producción de gas natural y procesamiento de gas natural) se emplearon factores de emisión nacionales construidos a partir de información operativa reportada por los operadores del sector de hidrocarburos y consolidada por la ANH(Agencia Nacional de Hidrocarburos, 2024). Estos factores se estimaron mediante la relación entre las emisiones reportadas o reconstruidas y los datos de actividad correspondientes a cada segmento (incluyendo producción de petróleo, producción de gas, gas enviado a planta y volúmenes de gas quemado) permitiendo representar de manera más precisa las condiciones operativas, tecnológicas y productivas del país.

El desarrollo de estos factores se basó en la integración de diversas fuentes de información sectorial, incluyendo líneas base de fugas, información asociada a programas de detección y reparación de fugas (LDAR), reportes de eficiencia de quema en antorcha y estadísticas nacionales de producción y manejo de gas. La consolidación de esta información fue posible gracias al fortalecimiento del marco regulatorio nacional, particularmente a partir de las Resoluciones 40066 de 2022 y 40317 de 2023 del Ministerio de Minas y Energía, así como la Circular 26 de 2023 y la Resolución ANH 10981 de 2023 (Ministerio de Minas y Energía, 2022, 2023), las cuales establecieron lineamientos técnicos para la detección, cuantificación y reporte de fugas, así como para la medición de la eficiencia de las teas.

En términos metodológicos, la construcción de los factores requirió la clasificación de la información reportada por las facilidades dentro de los segmentos definidos por el IPCC, así como la generación de una matriz de relación campo–facilidad que permitió vincular las emisiones reportadas con los datos de actividad correspondientes. Posteriormente, las emisiones fueron consolidadas por segmento, tipo de fuente (fugas o quema en antorcha) y gas, y los factores de emisión fueron calculados como la razón entre las emisiones estimadas y el dato de actividad asociado, garantizando la consistencia entre variables y la trazabilidad del proceso de estimación. El detalle del desarrollo de los factores nacionales, así como la integración de las fuentes de información utilizadas, se presenta en el Anexo 3.1. Emisiones fugitivas del sector energía (CRT 1.B)(Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam), 2026), que constituyó el soporte técnico de la estimación.

Los factores de emisión nacionales se desarrollaron principalmente para el periodo 2013–2023 a partir de información operativa detallada. Para los años anteriores de la serie histórica (1990–2013), se realizó una reconstrucción de emisiones utilizando proporciones derivadas de los años con mayor nivel de detalle, permitiendo mantener coherencia temporal en la estimación. En este contexto, los factores aplicados reflejaron un comportamiento diferenciado en el tiempo, con valores constantes o representativos para el periodo inicial y variabilidad interanual a partir de 2014, asociada a la incorporación de información más específica y a mejoras en las capacidades de medición y reporte del sector.

Para las emisiones por fugas se emplearon factores de emisión nacionales de nivel Tier 2 y Tier 3 en los segmentos upstream, diferenciados por gas (CO_2 y CH_4) y tipo de actividad. En la producción de petróleo, los factores evidenciaron una transición desde valores constantes en el periodo 1990–2013 hacia una variabilidad interanual posterior, reflejando la incorporación progresiva de información operativa. Los factores de CH_4 mostraron en general una tendencia decreciente hacia los años recientes, mientras que los de CO_2 presentaron variaciones moderadas asociadas principalmente a cambios en la composición del gas y en las condiciones de operación. En la producción de gas natural, los factores de CO_2 presentaron un incremento entre 2015 y 2020 seguido de una estabilización, mientras que los de CH_4 mostraron una tendencia decreciente a lo largo de la serie. En el caso del procesamiento de gas natural, los factores presentaron la mayor variabilidad interanual, especialmente para CO_2, lo cual evidenció la sensibilidad de este segmento a las condiciones operativas de los procesos de tratamiento, separación y manejo del gas.

Para los otros segmentos (incluyendo transporte, refinación, transmisión, almacenamiento y distribución) se utilizaron factores de emisión por defecto del IPCC - Tier 1 (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2019a), los cuales se aplicaron de manera constante en toda la serie 1990–2024, en razón de la limitada disponibilidad de información nacional desagregada que permitiera la construcción de factores específicos.

Las emisiones por venteo se estimaron utilizando factores de emisión por defecto del IPCC - Tier 1 (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2019a), diferenciados por tipo de actividad y gas (CO_2 y CH_4y COVDM), los cuales se aplicaron de forma constante en toda la serie temporal. Esta aproximación fue consistente con las directrices metodológicas y con la disponibilidad de información nacional para este tipo de fuente.

Para la quema en antorcha se emplearon factores de emisión nacionales desarrollados a partir de información operativa reportada por los operadores, incluyendo datos sobre volúmenes de gas quemado y eficiencia de combustión. Estos factores, correspondientes a niveles Tier 2 y Tier 3, se aplicaron de manera diferenciada por gas (CO_2 y CH_4 y N_2O) y por segmento (producción de petróleo, producción de gas natural y procesamiento). De manera similar a lo observado en el caso de las fugas, los factores presentaron valores constantes o representativos para el periodo 1990–2013 y variabilidad interanual a partir de 2014, reflejando cambios en la

eficiencia de las teas, la composición del gas quemado y las condiciones operativas de las instalaciones, así como el fortalecimiento del sistema de reporte sectorial.

Para los segmentos en los que no se dispuso de información nacional para quema en antorcha (como refinación o pozos perforados) se emplearon factores por defecto del IPCC - Tier 1 (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2019a), aplicados de manera constante en la serie temporal.

Adicionalmente, para contaminantes distintos a los gases de efecto invernadero, incluyendo CO, NO_x, SO_x, material particulado (PM_{10} y $PM_{2.5}$), carbono negro (CN) y compuestos orgánicos volátiles distintos del metano (COVDM), se utilizaron factores de emisión provenientes del EMEP/EEA (2019) y del IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change, 2019a), bajo un enfoque Tier 1. Estos factores fueron considerados constantes en el tiempo y se asignaron según el tipo de actividad, en coherencia con las guías metodológicas internacionales y la disponibilidad de información nacional.

El uso combinado de factores de emisión nacionales y factores por defecto permitió fortalecer la representatividad, consistencia y trazabilidad de la estimación de emisiones fugitivas en la categoría 1.B.2, al incorporar información operativa del sector hidrocarburos en Colombia y mantener coherencia con las directrices metodológicas internacionales.

La Tabla 3-75 presenta el resumen de los factores de emisión utilizados por subcategoría, combustible y tipo de contaminante.

Tabla 3-75. Petróleo y gas natural: factores de emisión aplicados por fuente de GEI, carbono negro y contaminantes criterio

Subcategoría	Fuente	Nivel (Tier)	Clasif.	Cont	Año(s)	Valor	Unidad
1.B.2.a.ii. Producción y modernización	ANH, 2023	2	Producción de petróleo, Fugas	CO_2	1990-2013	6,52E-02	t/1E3 m³ petróleo producido
1.B.2.a.ii. Producción y modernización	Ideam, 2026	2	Producción de petróleo, Fugas	CO_2	2014	5,95E-02	t/1E3 m³ petróleo producido
1.B.2.a.ii. Producción y modernización	Ideam, 2026	2	Producción de petróleo, Fugas	CO_2	2015	5,77E-02	t/1E3 m³ petróleo producido
1.B.2.a.ii. Producción y modernización	Ideam, 2026	2	Producción de petróleo, Fugas	CO_2	2016	6,01E-02	t/1E3 m³ petróleo producido
1.B.2.a.ii. Producción y modernización	Ideam, 2026	2	Producción de petróleo, Fugas	CO_2	2017	6,63E-02	t/1E3 m³ petróleo producido
1.B.2.a.ii. Producción y modernización	Ideam, 2026	2	Producción de petróleo, Fugas	CO_2	2018	6,12E-02	t/1E3 m³ petróleo producido
1.B.2.a.ii. Producción y modernización	Ideam, 2026	2	Producción de petróleo, Fugas	CO_2	2019	5,52E-02	t/1E3 m³ petróleo producido
1.B.2.a.ii. Producción y modernización	Ideam, 2026	2	Producción de petróleo, Fugas	CO_2	2020	5,00E-02	t/1E3 m³ petróleo producido
1.B.2.a.ii. Producción y modernización	Ideam, 2026	2	Producción de petróleo, Fugas	CO_2	2021	5,39E-02	t/1E3 m³ petróleo producido
1.B.2.a.ii. Producción y modernización	Ideam, 2026	2	Producción de petróleo, Fugas	CO_2	2022	5,84E-02	t/1E3 m³ petróleo producido
1.B.2.a.ii. Producción y modernización	ANH, 2023	2	Producción de petróleo, Fugas	CO_2	2023-2024	6,29E-02	t/1E3 m³ petróleo producido
1.B.2.a.iii. Transporte	IPCC, 2019	1	Transporte por oleoducto, Fugas	CO_2	1990-2024	4,90E-04	t/1E3 m³ petróleo transportado por oleoducto
1.B.2.a.iv. Refinamiento y almacenamiento	IPCC, 2019	1	Refinación, Fugas	CO_2	1990-2024	2,63	t/1E3 m³ crudo refinado
1.B.2.b.ii. Producción y recolección	ANH, 2023	2	Producción de gas, Fugas	CO_2	1990-2013	9,60E-02	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.b.ii. Producción y recolección	Ideam, 2026	2	Producción de gas, Fugas	CO_2	2014	8,69E-02	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.b.ii. Producción y recolección	Ideam, 2026	2	Producción de gas, Fugas	CO_2	2015	8,98E-02	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.b.ii. Producción y recolección	Ideam, 2026	2	Producción de gas, Fugas	CO_2	2016	1,82E-01	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.b.ii. Producción y recolección	Ideam, 2026	2	Producción de gas, Fugas	CO_2	2017	2,00E-01	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.b.ii. Producción y recolección	Ideam, 2026	2	Producción de gas, Fugas	CO_2	2018	2,32E-01	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.b.ii. Producción y recolección	Ideam, 2026	2	Producción de gas, Fugas	CO_2	2019	2,75E-01	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.b.ii. Producción y recolección	Ideam, 2026	2	Producción de gas, Fugas	CO_2	2020	2,96E-01	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.b.ii. Producción y recolección	Ideam, 2026	2	Producción de gas, Fugas	CO_2	2021	2,89E-01	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.b.ii. Producción y recolección	Ideam, 2026	2	Producción de gas, Fugas	CO_2	2022	2,60E-01	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.b.ii. Producción y recolección	ANH, 2023	3	Producción de gas, Fugas	CO_2	2023-2024	2,48E-01	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.b.iii. Procesamiento	ANH, 2023	2	Plantas de gas, Fugas	CO_2	1990-2013	2,99E-02	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.b.iii. Procesamiento	Ideam, 2026	2	Plantas de gas, Fugas	CO_2	2014	1,11E-02	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.b.iii. Procesamiento	Ideam, 2026	2	Plantas de gas, Fugas	CO_2	2015	1,11E-02	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.b.iii. Procesamiento	Ideam, 2026	2	Plantas de gas, Fugas	CO_2	2016	1,54E-01	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.b.iii. Procesamiento	Ideam, 2026	2	Plantas de gas, Fugas	CO_2	2017	0,82	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.b.iii. Procesamiento	Ideam, 2026	2	Plantas de gas, Fugas	CO_2	2018	0,98	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.b.iii. Procesamiento	Ideam, 2026	2	Plantas de gas, Fugas	CO_2	2019	1,38	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.b.iii. Procesamiento	Ideam, 2026	2	Plantas de gas, Fugas	CO_2	2020	0,84	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.b.iii. Procesamiento	Ideam, 2026	2	Plantas de gas, Fugas	CO_2	2021	4,98E-01	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.b.iii. Procesamiento	Ideam, 2026	2	Plantas de gas, Fugas	CO_2	2022	4,31E-01	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.b.iii. Procesamiento	ANH, 2023	3	Plantas de gas, Fugas	CO_2	2023-2024	1,79E-01	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.b.iv. Transmisión y Almacenamiento	IPCC, 2019	1	Gas natural comercializable, Fugas	CO_2	1990-2024	1,32E-02	t/1E6 m³ gas comercializable
1.B.2.b.iv. Transmisión y Almacenamiento	IPCC, 2019	1	Gas natural comercializable, Fugas	CO_2	1990-2024	2,55E-02	t/1E6 m³ gas comercializable
1.B.2.b.v. Distribución	IPCC, 2019	1	Distribución de gas, Fugas	CO_2	1990-2024	2,00E-02	t/1E6 m³ gas distribuido
1.B.2.c.i. Venteo	IPCC, 2019	1	Gas natural comercializable, Venteos	CO_2	1990-2024	4,20E-03	t/1E6 m³ gas comercializable

Subcategoría	Fuente	Nivel (Tier)	Clasif.	Cont	Año(s)	Valor	Unidad
1.B.2.c.i. Venteo	IPCC, 2019	1	Gas natural comercializable, Venteos	CO_2	1990-2024	1,35E-02	t/1E6 m³ gas comercializable
1.B.2.c.i. Venteo	IPCC, 2019	1	Plantas de gas, Venteos	CO_2	1990-2024	9,45E-02	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.c.i. Venteo	IPCC, 2019	1	Producción de gas, Venteos	CO_2	1990-2024	2,16E-01	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.c.i. Venteo	IPCC, 2019	1	Producción de petróleo, Venteos	CO_2	1990-2024	3,72E-01	t/1E3 m³ petróleo producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	2	Plantas de gas, Teas	CO_2	1990-2013	8,20	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	2	Producción de gas, Teas	CO_2	1990-2013	0,77	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	2	Producción de petróleo, Teas	CO_2	1990-2013	36,40	t/1E3 m³ petróleo producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Plantas de gas, Teas	CO_2	2014	2,81	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Producción de gas, Teas	CO_2	2014	1,43	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Producción de petróleo, Teas	CO_2	2014	32,29	t/1E3 m³ petróleo producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Plantas de gas, Teas	CO_2	2015	5,52	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Producción de gas, Teas	CO_2	2015	1,87	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Producción de petróleo, Teas	CO_2	2015	31,61	t/1E3 m³ petróleo producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Plantas de gas, Teas	CO_2	2016	5,57	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Producción de gas, Teas	CO_2	2016	2,03	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Producción de petróleo, Teas	CO_2	2016	27,76	t/1E3 m³ petróleo producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Plantas de gas, Teas	CO_2	2017	3,64	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Producción de gas, Teas	CO_2	2017	1,48	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Producción de petróleo, Teas	CO_2	2017	28,40	t/1E3 m³ petróleo producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Plantas de gas, Teas	CO_2	2018	13,16	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Producción de gas, Teas	CO_2	2018	1,70	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Producción de petróleo, Teas	CO_2	2018	26,38	t/1E3 m³ petróleo producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Plantas de gas, Teas	CO_2	2019	3,27	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Producción de gas, Teas	CO_2	2019	0,91	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Producción de petróleo, Teas	CO_2	2019	26,83	t/1E3 m³ petróleo producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Plantas de gas, Teas	CO_2	2020	3,45	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Producción de gas, Teas	CO_2	2020	1,32	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Producción de petróleo, Teas	CO_2	2020	20,01	t/1E3 m³ petróleo producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Plantas de gas, Teas	CO_2	2021	8,55	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Producción de gas, Teas	CO_2	2021	0,91	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Producción de petróleo, Teas	CO_2	2021	20,78	t/1E3 m³ petróleo producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Plantas de gas, Teas	CO_2	2022	10,98	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Producción de gas, Teas	CO_2	2022	0,72	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Producción de petróleo, Teas	CO_2	2022	24,02	t/1E3 m³ petróleo producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Plantas de gas, Teas	CO_2	2023-2024	7,40	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Producción de gas, Teas	CO_2	2023-2024	1,05	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Producción de petróleo, Teas	CO_2	2023-2024	21,03	t/1E3 m³ petróleo producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	IPCC, 2019	1	Gas natural comercializable, Teas	CO_2	1990-2024	4,26E-02	t/1E6 m³ gas comercializable
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	IPCC, 2019	1	Gas natural comercializable, Teas	CO_2	1990-2024	1,11E-01	t/1E6 m³ gas comercializable
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	IPCC, 2019	1	Pozos de crudo perforados, Teas	CO_2	1990-2024	12,44	t/pozo
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	IPCC, 2019	1	Pozos de gas perforados, Teas	CO_2	1990-2024	4,72	t/pozo
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	IPCC, 2019	1	Refinación, Teas	CO_2	1990-2024	3,22	t/1E3 m³ crudo refinado
1.B.2.a.ii. Producción y modernización	ANH, 2023	2	Producción de petróleo, Fugas	CH_4	1990-2013	3,08E-01	t/1E3 m³ petróleo producido
1.B.2.a.ii. Producción y modernización	Ideam, 2026	2	Producción de petróleo, Fugas	CH_4	2014	3,06E-01	t/1E3 m³ petróleo producido
1.B.2.a.ii. Producción y modernización	Ideam, 2026	2	Producción de petróleo, Fugas	CH_4	2015	2,87E-01	t/1E3 m³ petróleo producido

Subcategoría	Fuente	Nivel (Tier)	Clasif.	Cont	Año(s)	Valor	Unidad
1.B.2.a.ii. Producción y modernización	Ideam, 2026	2	Producción de petróleo, Fugas	CH_4	2016	2,69E-01	t/1E3 m³ petróleo producido
1.B.2.a.ii. Producción y modernización	Ideam, 2026	2	Producción de petróleo, Fugas	CH_4	2017	2,62E-01	t/1E3 m³ petróleo producido
1.B.2.a.ii. Producción y modernización	Ideam, 2026	2	Producción de petróleo, Fugas	CH_4	2018	2,69E-01	t/1E3 m³ petróleo producido
1.B.2.a.ii. Producción y modernización	Ideam, 2026	2	Producción de petróleo, Fugas	CH_4	2019	2,73E-01	t/1E3 m³ petróleo producido
1.B.2.a.ii. Producción y modernización	Ideam, 2026	2	Producción de petróleo, Fugas	CH_4	2020	2,80E-01	t/1E3 m³ petróleo producido
1.B.2.a.ii. Producción y modernización	Ideam, 2026	2	Producción de petróleo, Fugas	CH_4	2021	2,88E-01	t/1E3 m³ petróleo producido
1.B.2.a.ii. Producción y modernización	Ideam, 2026	2	Producción de petróleo, Fugas	CH_4	2022	2,66E-01	t/1E3 m³ petróleo producido
1.B.2.a.ii. Producción y modernización	ANH, 2023	2	Producción de petróleo, Fugas	CH_4	2023-2024	2,48E-01	t/1E3 m³ petróleo producido
1.B.2.a.iii. Transporte	IPCC, 2019	1	Transporte por oleoducto, Fugas	CH_4	1990-2024	5,40E-03	t/1E3 m³ petróleo transportado por oleoducto
1.B.2.a.iv. Refinamiento y almacenamiento	IPCC, 2019	1	Refinación, Fugas	CH_4	1990-2024	2,97E-02	t/1E3 m³ crudo refinado
1.B.2.b.ii. Producción y recolección	ANH, 2023	2	Producción de gas, Fugas	CH_4	1990-2013	1,47E-02	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.b.ii. Producción y recolección	Ideam, 2026	2	Producción de gas, Fugas	CH_4	2014	1,18E-02	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.b.ii. Producción y recolección	Ideam, 2026	2	Producción de gas, Fugas	CH_4	2015	1,20E-02	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.b.ii. Producción y recolección	Ideam, 2026	2	Producción de gas, Fugas	CH_4	2016	1,22E-02	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.b.ii. Producción y recolección	Ideam, 2026	2	Producción de gas, Fugas	CH_4	2017	1,21E-02	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.b.ii. Producción y recolección	Ideam, 2026	2	Producción de gas, Fugas	CH_4	2018	1,02E-02	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.b.ii. Producción y recolección	Ideam, 2026	2	Producción de gas, Fugas	CH_4	2019	9,34E-03	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.b.ii. Producción y recolección	Ideam, 2026	2	Producción de gas, Fugas	CH_4	2020	8,25E-03	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.b.ii. Producción y recolección	Ideam, 2026	2	Producción de gas, Fugas	CH_4	2021	8,23E-03	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.b.ii. Producción y recolección	Ideam, 2026	2	Producción de gas, Fugas	CH_4	2022	8,35E-03	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.b.ii. Producción y recolección	ANH, 2023	3	Producción de gas, Fugas	CH_4	2023-2024	8,64E-03	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.b.iii. Procesamiento	Ideam, 2026	2	Plantas de gas, Fugas	CH_4	1990-2016	4,93E-02	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.b.iii. Procesamiento	Ideam, 2026	2	Plantas de gas, Fugas	CH_4	2017	5,99E-02	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.b.iii. Procesamiento	Ideam, 2026	2	Plantas de gas, Fugas	CH_4	2018	4,42E-02	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.b.iii. Procesamiento	Ideam, 2026	2	Plantas de gas, Fugas	CH_4	2019	5,24E-02	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.b.iii. Procesamiento	Ideam, 2026	2	Plantas de gas, Fugas	CH_4	2020	7,31E-02	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.b.iii. Procesamiento	Ideam, 2026	2	Plantas de gas, Fugas	CH_4	2021	7,32E-02	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.b.iii. Procesamiento	Ideam, 2026	2	Plantas de gas, Fugas	CH_4	2022	5,80E-02	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.b.iii. Procesamiento	ANH, 2023	3	Plantas de gas, Fugas	CH_4	2023-2024	5,79E-02	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.b.iv. Transmisión y Almacenamiento	IPCC, 2019	1	Gas natural comercializable, Fugas	CH_4	1990-2024	4,82E-01	t/1E6 m³ gas comercializable
1.B.2.b.iv. Transmisión y Almacenamiento	IPCC, 2019	1	Gas natural comercializable, Fugas	CH_4	1990-2024	0,86	t/1E6 m³ gas comercializable
1.B.2.b.v. Distribución	IPCC, 2019	1	Distribución de gas, Fugas	CH_4	1990-2024	0,62	t/1E6 m³ gas distribuido
1.B.2.c.i. Venteo	IPCC, 2019	1	Gas natural comercializable, Venteos	CH_4	1990-2024	1,88E-01	t/1E6 m³ gas comercializable
1.B.2.c.i. Venteo	IPCC, 2019	1	Gas natural comercializable, Venteos	CH_4	1990-2024	4,26E-01	t/1E6 m³ gas comercializable
1.B.2.c.i. Venteo	IPCC, 2019	1	Plantas de gas, Venteos	CH_4	1990-2024	0,71	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.c.i. Venteo	IPCC, 2019	1	Pozos de crudo perforados, Venteos	CH_4	1990-2024	4,19E-01	t/pozo
1.B.2.c.i. Venteo	IPCC, 2019	1	Pozos de gas perforados, Venteos	CH_4	1990-2024	5,72	t/pozo
1.B.2.c.i. Venteo	IPCC, 2019	1	Producción de gas, Venteos	CH_4	1990-2024	2,13	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.c.i. Venteo	IPCC, 2019	1	Producción de petróleo, Venteos	CH_4	1990-2024	2,85	t/1E3 m³ petróleo producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	2	Plantas de gas, Teas	CH_4	1990-2013	1,99E-01	t/1E6 m³ gas producido

Subcategoría	Fuente	Nivel (Tier)	Clasif.	Cont	Año(s)	Valor	Unidad
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	2	Producción de gas, Teas	CH_4	1990-2013	1,49E-03	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	2	Producción de petróleo, Teas	CH_4	1990-2013	0,59	t/1E3 m³ petróleo producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Plantas de gas, Teas	CH_4	2014	4,42E-02	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Producción de gas, Teas	CH_4	2014	6,14E-03	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Producción de petróleo, Teas	CH_4	2014	3,13E-01	t/1E3 m³ petróleo producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Plantas de gas, Teas	CH_4	2015	1,24E-01	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Producción de gas, Teas	CH_4	2015	3,67E-03	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Producción de petróleo, Teas	CH_4	2015	2,95E-01	t/1E3 m³ petróleo producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Plantas de gas, Teas	CH_4	2016	1,05E-01	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Producción de gas, Teas	CH_4	2016	3,88E-03	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Producción de petróleo, Teas	CH_4	2016	2,02E-01	t/1E3 m³ petróleo producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Plantas de gas, Teas	CH_4	2017	5,83E-02	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Producción de gas, Teas	CH_4	2017	2,60E-03	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Producción de petróleo, Teas	CH_4	2017	1,81E-01	t/1E3 m³ petróleo producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Plantas de gas, Teas	CH_4	2018	1,28E-01	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Producción de gas, Teas	CH_4	2018	2,73E-03	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Producción de petróleo, Teas	CH_4	2018	2,25E-01	t/1E3 m³ petróleo producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Plantas de gas, Teas	CH_4	2019	4,98E-02	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Producción de gas, Teas	CH_4	2019	1,66E-03	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Producción de petróleo, Teas	CH_4	2019	1,63E-01	t/1E3 m³ petróleo producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Plantas de gas, Teas	CH_4	2020	2,90E-02	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Producción de gas, Teas	CH_4	2020	2,36E-03	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Producción de petróleo, Teas	CH_4	2020	1,58E-01	t/1E3 m³ petróleo producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Plantas de gas, Teas	CH_4	2021	3,31E-02	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Producción de gas, Teas	CH_4	2021	1,99E-03	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Producción de petróleo, Teas	CH_4	2021	1,46E-01	t/1E3 m³ petróleo producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Plantas de gas, Teas	CH_4	2022	1,33E-01	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Producción de gas, Teas	CH_4	2022	1,20E-03	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Producción de petróleo, Teas	CH_4	2022	2,02E-01	t/1E3 m³ petróleo producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Plantas de gas, Teas	CH_4	2023-2024	6,39E-02	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Producción de gas, Teas	CH_4	2023-2024	1,66E-03	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Producción de petróleo, Teas	CH_4	2023-2024	1,54E-01	t/1E3 m³ petróleo producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	IPCC, 2019	1	Pozos de crudo perforados, Teas, Almecamiento	CH_4	1990-2024	1,11E-01	t/pozo
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	IPCC, 2019	1	Pozos de gas perforados, Teas; Transmisión	CH_4	1990-2024	5,78E-02	t/pozo
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	IPCC, 2019	1	Refinación, Teas	CH_4	1990-2024	3,00E-04	t/1E3 m³ crudo refinado
1.B.2.a.iv. Refinamiento y almacenamiento	IPCC, 2019	1	Refinación, Fugas	N_2O	1990-2024	8,77E-07	t/1E3 m³ crudo refinado
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	2	Plantas de gas, Teas	N_2O	1990-2013	4,10E-04	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	2	Producción de gas, Teas	N_2O	1990-2013	3,86E-05	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	2	Producción de petróleo, Teas	N_2O	1990-2013	1,82E-03	t/1E3 m³ petróleo producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Plantas de gas, Teas	N_2O	2014	1,40E-04	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Producción de gas, Teas	N_2O	2014	7,17E-05	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Producción de petróleo, Teas	N_2O	2014	1,61E-03	t/1E3 m³ petróleo producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Plantas de gas, Teas	N_2O	2015	2,76E-04	t/1E6 m³ gas producido

Subcategoría	Fuente	Nivel (Tier)	Clasif.	Cont	Año(s)	Valor	Unidad
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Producción de gas, Teas	N_2O	2015	9,36E-05	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Producción de petróleo, Teas	N_2O	2015	1,58E-03	t/1E3 m³ petróleo producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Plantas de gas, Teas	N_2O	2016	2,78E-04	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Producción de gas, Teas	N_2O	2016	1,02E-04	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Producción de petróleo, Teas	N_2O	2016	1,39E-03	t/1E3 m³ petróleo producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Plantas de gas, Teas	N_2O	2017	1,82E-04	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Producción de gas, Teas	N_2O	2017	7,38E-05	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Producción de petróleo, Teas	N_2O	2017	1,42E-03	t/1E3 m³ petróleo producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Plantas de gas, Teas	N_2O	2018	6,58E-04	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Producción de gas, Teas	N_2O	2018	8,49E-05	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Producción de petróleo, Teas	N_2O	2018	1,32E-03	t/1E3 m³ petróleo producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Plantas de gas, Teas	N_2O	2019	1,64E-04	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Producción de gas, Teas	N_2O	2019	4,57E-05	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Producción de petróleo, Teas	N_2O	2019	1,34E-03	t/1E3 m³ petróleo producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Plantas de gas, Teas	N_2O	2020	1,73E-04	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Producción de gas, Teas	N_2O	2020	6,58E-05	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Producción de petróleo, Teas	N_2O	2020	1,00E-03	t/1E3 m³ petróleo producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Plantas de gas, Teas	N_2O	2021	4,28E-04	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Producción de gas, Teas	N_2O	2021	4,57E-05	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Producción de petróleo, Teas	N_2O	2021	1,04E-03	t/1E3 m³ petróleo producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Plantas de gas, Teas	N_2O	2022	5,49E-04	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Producción de gas, Teas	N_2O	2022	3,58E-05	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Producción de petróleo, Teas	N_2O	2022	1,20E-03	t/1E3 m³ petróleo producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Plantas de gas, Teas	N_2O	2023-2024	3,70E-04	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Producción de gas, Teas	N_2O	2023-2024	5,24E-05	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	ANH, 2023	3	Producción de petróleo, Teas	N_2O	2023-2024	1,05E-03	t/1E3 m³ petróleo producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	IPCC, 2019	1	Pozos de crudo perforados, Teas	N_2O	1990-2024	9,00E-05	t/pozo
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	IPCC, 2019	1	Pozos de gas perforados, Teas	N_2O	1990-2024	3,40E-05	t/pozo
1.B.2.a.iv. Refinamiento y almacenamiento	EMEP/EEA, 2019	1	Gas quemado, Teas	CN	1990-2024	2,40E-01	% PM2.5
1.B.2.a.iv. Refinamiento y almacenamiento	EMEP/EEA, 2019	1	Gas quemado, Teas	CO	1990-2024	6,30E-06	Kt/t gas quemado
1.B.2.a.iv. Refinamiento y almacenamiento	EMEP/EEA, 2019	1	Refinación, Fugas	CO	1990-2024	4,10E-05	t/t crudo refinado
1.B.2.a.iv. Refinamiento y almacenamiento	EMEP/EEA, 2019	1	Refinación, Venteos	CO	1990-2024	1,20E-05	t/t crudo refinado
1.B.2.a.ii. Producción y modernización	IPCC, 2019	1	Producción de petróleo, Fugas	COVDM	1990-2024	1,04E-01	t/1E3 m³ petróleo producido
1.B.2.a.iii. Transporte	IPCC, 2019	1	Transporte por oleoducto, Fugas	COVDM	1990-2024	5,40E-02	t/1E3 m³ petróleo transportado por oleoducto
1.B.2.a.iv. Refinamiento y almacenamiento	IPCC, 2019	1	Refinación, Fugas	COVDM	1990-2024	2,55E-01	t/1E3 m³ crudo refinado
1.B.2.b.ii. Producción y recolección	IPCC, 2019	1	Producción de gas, Fugas	COVDM	1990-2024	9,15E-02	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.b.iii. Procesamiento	IPCC, 2019	1	Plantas de gas, Fugas	COVDM	1990-2024	2,00E-03	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.b.iv. Transmisión y Almacenamiento	IPCC, 2019	1	Gas natural comercializable, Fugas	COVDM	1990-2024	2,76E-03	t/1E6 m³ gas comercializable
1.B.2.b.iv. Transmisión y Almacenamiento	IPCC, 2019	1	Gas natural comercializable, Fugas	COVDM	1990-2024	9,20E-03	t/1E6 m³ gas comercializable

Subcategoría	Fuente	Nivel (Tier)	Clasif.	Cont	Año(s)	Valor	Unidad
1.B.2.b.v. Distribución	IPCC, 2019	1	Distribución de gas, Fugas	COVDM	1990-2024	4,10E-02	t/1E6 m³ gas distribuido
1.B.2.c.i. Venteo	IPCC, 2019	1	Gas natural comercializable, Venteos	COVDM	1990-2024	1,88E-01	t/1E6 m³ gas comercializable
1.B.2.c.i. Venteo	IPCC, 2019	1	Gas natural comercializable, Venteos	COVDM	1990-2024	4,26E-01	t/1E6 m³ gas comercializable
1.B.2.c.i. Venteo	IPCC, 2019	1	Plantas de gas, Venteos	COVDM	1990-2024	0,71	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.c.i. Venteo	IPCC, 2019	1	Pozos de crudo perforados, Venteos	COVDM	1990-2024	6,32E-02	t/pozo
1.B.2.c.i. Venteo	IPCC, 2019	1	Pozos de gas perforados, Venteos	COVDM	1990-2024	5,72	t/pozo
1.B.2.c.i. Venteo	IPCC, 2019	1	Producción de gas, Venteos	COVDM	1990-2024	2,13	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.c.i. Venteo	IPCC, 2019	1	Producción de petróleo, Venteos	COVDM	1990-2024	1,22	t/1E3 m³ petróleo producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	IPCC, 2019	1	Plantas de gas, Teas	COVDM	1990-2024	2,50E-02	t/1E6 m³ gas producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	IPCC, 2019	1	Pozos de crudo perforados, Teas	COVDM	1990-2024	1,68E-02	t/pozo
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	IPCC, 2019	1	Pozos de gas perforados, Teas	COVDM	1990-2024	8,70E-03	t/pozo
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	IPCC, 2019	1	Producción de petróleo, Teas	COVDM	1990-2024	1,48E-01	t/1E3 m³ petróleo producido
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	IPCC, 2019	1	Refinación, Teas	COVDM	1990-2024	5,20E-03	t/1E3 m³ crudo refinado
1.B.2.a.iv. Refinamiento y almacenamiento	EMEP/EEA, 2019	1	Gas quemado, Teas	NO_x	1990-2024	1,40E-06	Kt/t gas quemado
1.B.2.a.iv. Refinamiento y almacenamiento	EMEP/EEA, 2019	1	Refinación, Fugas	NO_x	1990-2024	3,50E-05	t/t crudo refinado
1.B.2.a.iv. Refinamiento y almacenamiento	EMEP/EEA, 2019	1	Refinación, Venteos	NO_x	1990-2024	5,40E-05	t/t crudo refinado
1.B.2.a.iv. Refinamiento y almacenamiento	EMEP/EEA, 2019	1	Gas quemado, Teas	PM_{10}, $PM_{2.5}$	1990-2024	2,60E-06	Kt/t gas quemado
1.B.2.a.iv. Refinamiento y almacenamiento	EMEP/EEA, 2019	1	Refinación, Fugas	PM_{10}	1990-2024	5,00E-06	t/t crudo refinado
1.B.2.a.iv. Refinamiento y almacenamiento	EMEP/EEA, 2019	1	Refinación, Fugas	$PM_{2.5}$	1990-2024	2,00E-06	t/t crudo refinado
1.B.2.a.iv. Refinamiento y almacenamiento	EMEP/EEA, 2019	1	Gas quemado, Teas	SO_x	1990-2024	1,30E-08	Kt/t gas quemado
1.B.2.a.iv. Refinamiento y almacenamiento	EMEP/EEA, 2019	1	Refinación, Fugas	SO_x	1990-2024	2,45E-04	t/t crudo refinado
1.B.2.a.iv. Refinamiento y almacenamiento	EMEP/EEA, 2019	1	Refinación, Venteos	SO_x	1990-2024	7,70E-05	t/t crudo refinado

Nota: Cont: Contaminante. Clasif: Clasificación según combustible fósil o biocombustible.

Fuente: Elaboración a partir de EMEP/EEA (2019), IPCC (2019), ANH(2023), Ideam (2026).

3.3.4.3 Descripción de flexibilidad aplicada en la subcategoría

No se aplicó ninguna flexibilidad.

3.3.4.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la subcategoría

En la Tabla 3-76 se presentan los resultados de incertidumbre para la subcategoría 1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones provenientes de la energía durante el periodo 1990-2024. La incertidumbre promedio histórica fue de ±10,40 %. En 1990, la incertidumbre fue de ±12,4 %, mientras que en 2024 alcanzó ±6,8 %, lo que representa una reducción relativa del 45,2 %, equivalente a 5,6 puntos porcentuales.

Tabla 3-76. Resultados de incertidumbre (%) por propagación del error para 1.B.2. Petróleo y gas natural

Subcategoría	Cont	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones provenientes de la energía	Todos	12,4	14,8	14,2	13,1	7,1	8	7,8	7,5	7,5	6,8	6,8
1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones provenientes de la energía	CH4	17	17,8	16,8	15,3	8,3	9,4	8,9	8,6	8,7	8,3	8,3
1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones provenientes de la energía	CO2	25	25,5	25,3	24,4	13,5	13,8	12,9	12,1	12,8	9,8	9,8
1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones provenientes de la energía	N2O	24,8	72,3	71,5	70,2	66,3	67,1	66,4	62,5	64	47,3	47,3
1.B.2.a. Petróleo	Todos	14,1	14,2	14,2	14,1	14,2	14,4	14	13,9	13,9	10,4	10,4
1.B.2.a. Petróleo	CH4	15,1	15,2	15,2	15	15,3	15,3	15	14,9	14,9	10,8	10,8
1.B.2.a. Petróleo	CO2	38,9	38,6	38,5	39,1	38	36,9	38,7	38,9	38,7	37,1	37,1
1.B.2.a. Petróleo	N2O	40,8	40,8	40,8	40,8	40,5	40,5	40,5	40,5	40,5	40,5	40,5
1.B.2.b. Gas natural	Todos	17,4	17,4	12,3	12,3	10,4	10,3	10,1	10,2	10,3	10	10
1.B.2.b. Gas natural	CH4	17,5	17,5	12,3	12,3	10,4	10,3	10,3	10,3	10,4	10,1	10,1
1.B.2.b. Gas natural	CO2	16,1	16,1	15,7	15,7	7	7,8	5,7	5,7	6,6	5,2	5,2
1.B.2.c. Venteo y quema en antorcha	Todos	13,5	16,5	15,9	14,9	8	8,9	9	8,7	8,6	7,9	7,9
1.B.2.c. Venteo y quema en antorcha	CH4	19,5	20,2	19,4	17,9	9,6	10,8	10,4	10,2	10,2	10,1	10,1
1.B.2.c. Venteo y quema en antorcha	CO2	25,9	26,3	26	25,3	13,9	14,1	13,6	12,7	13,3	10,1	10,1
1.B.2.c. Venteo y quema en antorcha	N2O	24,8	72,3	71,5	70,2	66,4	67,1	66,4	62,6	64	47,3	47,3

Entre 1990 y 2005, la incertidumbre se mantuvo entre aproximadamente ±12 % y ±15 %. En 2006 se presentó una reducción considerable y, a partir de 2010, los valores permanecieron alrededor del 7 % y 8 %. En los años recientes, la incertidumbre disminuyó de ±7,5 % en 2021 y 2022 a ±6,8 % en 2023, valor que se mantuvo en 2024.

Por tipo de GEI, el CO_2, el CH_4 y el N_2O presentaron incertidumbres promedio históricas de aproximadamente ±18,45 %, ±12,34 % y ±66,05 %, respectivamente. La incertidumbre del CH_4 disminuyó de ±17,0 % en 1990 a ±8,3 % en 2024, mientras que la del CO_2 pasó de ±25,0 % a ±9,8 %, con reducciones relativas aproximadas del 51 % y 61 %, respectivamente.

El N_2O presentó la mayor incertidumbre promedio, con valores superiores al 60 % durante gran parte de la serie. El valor de 1990, de ±24,8 %, es considerablemente inferior a los registrados en los años posteriores. En 2024, su incertidumbre fue de ±47,3 %, igual a la reportada en 2023 y menor que la observada durante la mayor parte del periodo.

En 2024, la categoría con mayor incertidumbre fue 1.B.2.a. Petróleo, con ±10,4 %, seguida de 1.B.2.b. Gas natural, con ±10,0 %, y 1.B.2.c. Venteo y quema en antorcha, con ±7,9 %. Entre 1990 y 2024, estas categorías presentaron reducciones relativas aproximadas del 26 %, 43 % y 41 %, respectivamente.

La reducción de la incertidumbre total de 1.B.2 se relaciona principalmente con la disminución observada para el CH_4 y el CO_2, así como con las mejoras incorporadas en los datos de actividad y parámetros utilizados para estimar las emisiones fugitivas de petróleo y gas natural. Aunque el N_2O conserva una incertidumbre elevada, su contribución a la incertidumbre agregada es limitada debido a su menor participación en las emisiones totales de la subcategoría.

3.3.4.5 AC/CC de la subcategoría

Además de las actividades transversales de aseguramiento y control de calidad aplicadas al inventario nacional, para la subcategoría 1.B.2 Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía se implementaron los siguientes procedimientos de control de calidad:

- Se verificó la integridad y consistencia de las bases de datos B0, B2, F2 y SectorCal correspondientes a la subcategoría 1.B.2, garantizando que los datos de actividad, los factores de emisión y los demás parámetros utilizados en la estimación se ajustaran a la estructura estandarizada del inventario y estuvieran debidamente documentados.
- Se compararon las emisiones estimadas para la subcategoría con las reportadas en ciclos anteriores del inventario, revisando la coherencia de la serie temporal e identificando variaciones asociadas a la actualización de los datos de actividad, la implementación del Refinamiento del IPCC de 2019 y la incorporación de factores de emisión más representativos para los diferentes segmentos de la cadena de petróleo y gas natural.
- Se verificó la correcta aplicación de los factores de emisión empleados para las actividades de fugas, venteo y quema en antorcha, contrastándolos con los valores recomendados en las Directrices del IPCC de 2006 y su Refinamiento de 2019, y verificando su correspondencia con los distintos segmentos de la cadena de hidrocarburos considerados en el inventario.
- Los resultados obtenidos para la subcategoría fueron revisados conjuntamente con los referentes técnicos sectoriales, en el marco de las mesas de trabajo desarrolladas con el Ministerio de Minas y Energía, la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) y demás actores del sector de hidrocarburos, con el fin de validar la consistencia de la información de producción, transporte, procesamiento y distribución utilizada en la estimación de las emisiones fugitivas.
- Los resultados fueron presentados en espacios de socialización y discusión técnica con las entidades participantes, permitiendo recopilar observaciones y fortalecer el proceso de mejora continua del inventario.

3.3.4.6 Nuevos cálculos de la subcategoría

Los recálculos realizados en la subcategoría 1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía obedecen principalmente a la implementación integral del Refinamiento 2019 a las Directrices del IPCC de 2006, así como a la actualización de las fuentes de información y al fortalecimiento de la metodología empleada para la estimación de emisiones fugitivas del sector de hidrocarburos.

En este ciclo se incorporaron factores de emisión país-específicos para las emisiones por fugas y quema en antorcha, desarrollados a partir de información técnica consolidada por la ANH y aplicados de manera retroactiva a la serie histórica, en los periodos donde la disponibilidad de información lo permitió. Para los años sin información nacional suficiente se aplicaron los factores de emisión más representativos, siguiendo las recomendaciones del IPCC para mantener la coherencia temporal de la serie. En el caso de las emisiones por venteo, se implementaron los factores de emisión por defecto del Refinamiento 2019 bajo un enfoque Tier 1.

Adicionalmente, se actualizaron los datos de actividad reportados por la ANH, incluyendo la reconstrucción y armonización de series históricas asociadas al transporte por oleoductos y otras variables operativas relevantes. Asimismo, se realizó la homologación metodológica entre la estructura de categorías establecida en el Refinamiento 2019 del IPCC y los formatos de reporte común (CRT), garantizando la consistencia entre la estimación nacional y el reporte internacional.

Para mayor detalle sobre las metodologías, las fuentes de información y los factores de emisión utilizados, se recomienda consultar la sección 3.3.4.2.

Tabla 3-77. Petróleo y gas natural: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2) (kt CO_2 eq)

Subcategoría	Reporte	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021
1.B.2.a. Petróleo	BTR1	141,5	187,8	222,2	173,4	241,2	308,5	246,1	233,3
1.B.2.a. Petróleo	BTR2	268,8	350,2	407,2	326,8	456,9	524,5	429,8	425,2
1.B.2.a. Petróleo	Diferencia	127,3	162,4	185,0	153,4	215,7	216,0	183,6	191,9
1.B.2.a. Petróleo	Diferencia (%)	90,0 %	86,5 %	83,3 %	88,4 %	89,4 %	70,0 %	74,6 %	82,2 %
1.B.2.a. Petróleo	Efecto en total de subcategoría 1.B.2 (%)	*5,4 %*	*5,3 %*	*5,0 %*	*5,1 %*	*4,3 %*	*3,4 %*	*3,6 %*	*3,9 %*
1.B.2.a. Petróleo	Efecto en total neto de subcategoría 1.B.2 (%)	*5,4 %*	*5,3 %*	*5,0 %*	*5,1 %*	*4,3 %*	*3,4 %*	*3,6 %*	*3,9 %*
1.B.2.b. Gas natural	BTR1	270,0	292,3	435,4	479,3	1.280,8	1.281,1	1.332,6	1.360,3
1.B.2.b. Gas natural	BTR2	248,6	268,8	407,3	444,4	654,5	577,9	693,0	708,5
1.B.2.b. Gas natural	Diferencia	-21,5	-23,5	-28,1	-34,9	-626,3	-703,2	-639,6	-651,8
1.B.2.b. Gas natural	Diferencia (%)	-7,9 %	-8,0 %	-6,5 %	-7,3 %	-48,9 %	-54,9 %	-48,0 %	-47,9 %
1.B.2.b. Gas natural	Efecto en total de subcategoría 1.B.2 (%)	*-0,9 %*	*-0,8 %*	*-0,8 %*	*-1,2 %*	*-12,4 %*	*-11,2 %*	*-12,4 %*	*-13,2 %*
1.B.2.b. Gas natural	Efecto en total neto de subcategoría 1.B.2 (%)	*-0,9 %*	*-0,8 %*	*-0,8 %*	*-1,2 %*	*-12,4 %*	*-11,2 %*	*-12,4 %*	*-13,2 %*
1.B.2.c. Venteo y quema en antorcha	BTR1	1.941,4	2.571,3	3.057,9	2.367,2	3.519,8	4.711,3	3.559,3	3.354,3
1.B.2.c. Venteo y quema en antorcha	BTR2	4.004,4	5.232,8	6.297,4	5.117,6	7.595,3	8.559,5	6.173,1	6.000,3
1.B.2.c. Venteo y quema en antorcha	Diferencia	2.062,9	2.661,5	3.239,4	2.750,3	4.075,5	3.848,2	2.613,8	2.646,0
1.B.2.c. Venteo y quema en antorcha	Diferencia (%)	106,3 %	103,5 %	105,9 %	116,2 %	115,8 %	81,7 %	73,4 %	78,9 %
1.B.2.c. Venteo y quema en antorcha	Efecto en total de subcategoría 1.B.2 (%)	*87,7 %*	*87,2 %*	*87,2 %*	*91,1 %*	*80,8 %*	*61,1 %*	*50,9 %*	*53,5 %*

Subcategoría	Reporte	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021
1.B.2.c. Venteo y quema en antorcha	Efecto en total neto de subcategoría 1.B.2 (%)	*87,7 %*	*87,2 %*	*87,2 %*	*91,1 %*	*80,8 %*	*61,1 %*	*50,9 %*	*53,5 %*
1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	BTR1	2.352,9	3.051,3	3.715,5	3.019,9	5.041,8	6.300,9	5.138,1	4.947,9
1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	BTR2	4.521,7	5.851,8	7.111,8	5.888,7	8.706,8	9.662,0	7.295,9	7.134,0
1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	Diferencia	2.168,8	2.800,5	3.396,3	2.868,8	3.664,9	3.361,1	2.157,8	2.186,0
1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	Diferencia (%)	92,2 %	91,8 %	91,4 %	95,0 %	72,7 %	53,3 %	42,0 %	44,2 %
1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	Efecto en total de categoría (%)	*55,5 %*	*59,2 %*	*64,7 %*	*55,1 %*	*45,1 %*	*34,2 %*	*28,4 %*	*30,1 %*
1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	Efecto en total neto de categoría (%)	*55,5 %*	*59,2 %*	*64,7 %*	*55,1 %*	*45,1 %*	*34,2 %*	*28,4 %*	*30,1 %*
1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	BTR1	3.907,9	4.728,8	5.252,7	5.202,5	8.133,6	9.814,5	7.586,6	7.271,3
1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	BTR2	6.076,7	7.529,2	8.649,0	8.071,3	11.798,5	13.216,8	10.196,6	10.291,1
1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	Diferencia	2.168,8	2.800,5	3.396,3	2.868,8	3.664,9	3.402,2	2.609,9	3.019,8
1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	Diferencia (%)	55,5 %	59,2 %	64,7 %	55,1 %	45,1 %	34,7 %	34,4 %	41,5 %
1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	Efecto en total de sector (%)	*4,3 %*	*4,7 %*	*5,5 %*	*4,5 %*	*4,6 %*	*3,7 %*	*3,1 %*	*3,3 %*
1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	Efecto en total neto de sector (%)	*4,3 %*	*4,7 %*	*5,5 %*	*4,5 %*	*4,6 %*	*3,7 %*	*3,1 %*	*3,3 %*
1. Energía	BTR1	50.237,0	59.374,7	61.711,1	64.294,8	79.808,4	93.066,8	84.988,7	91.610,6

Subcategoría	Reporte	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021
1. Energía	BTR2	51.104,3	61.832,3	64.714,9	64.338,8	83.872,1	93.474,7	86.999,9	92.956,9
1. Energía	Diferencia	867,3	2.457,6	3.003,8	44,0	4.063,7	407,9	2.011,2	1.346,4
1. Energía	Diferencia (%)	1,7 %	4,1 %	4,9 %	0,1 %	5,1 %	0,4 %	2,4 %	1,5 %

Fuente: Elaboración propia

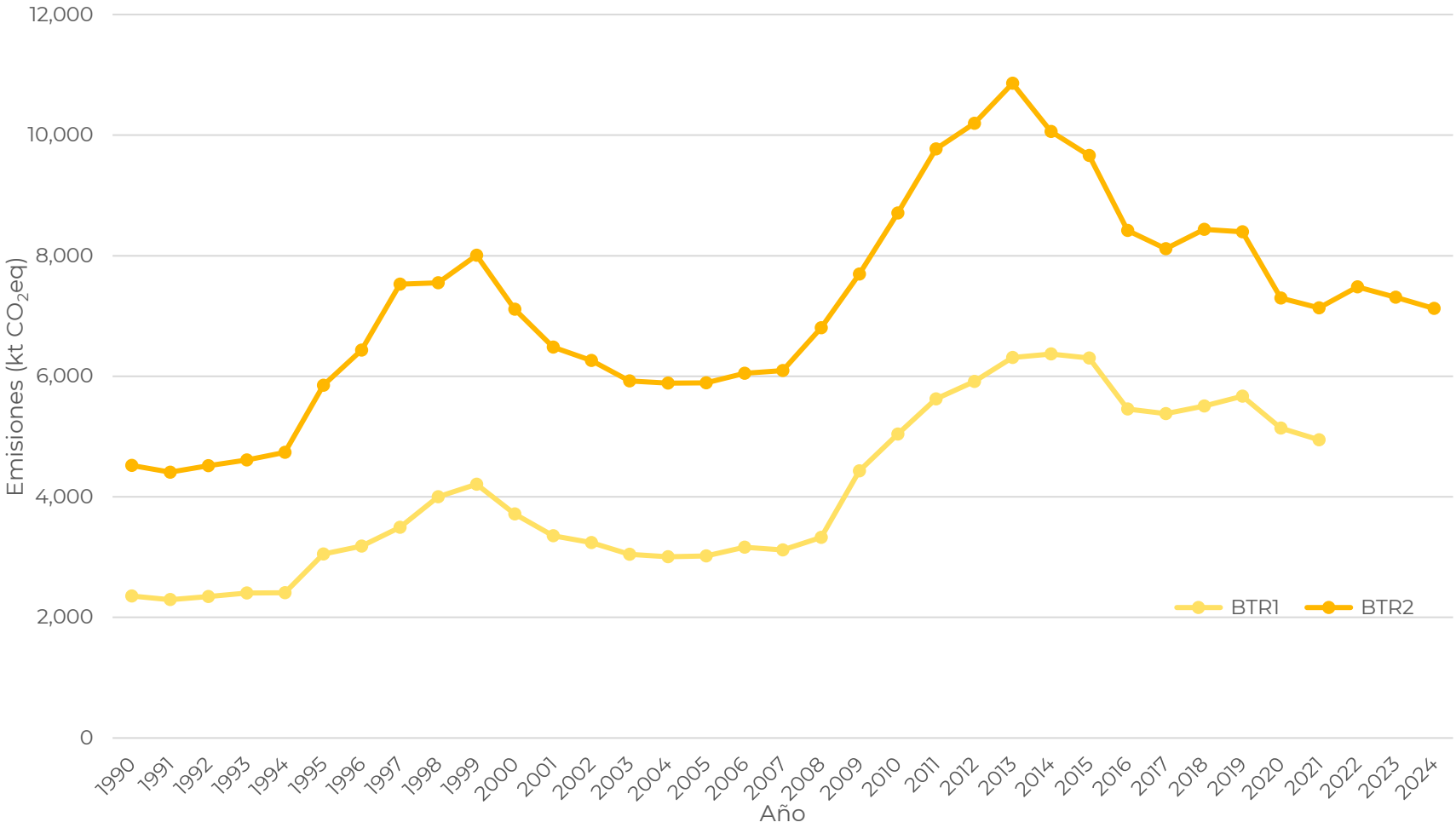


Figura 3-62. Petróleo y gas natural: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2), 1990-2024

Fuente: Elaboración propia

3.3.4.7 Mejoras planeadas de la subcategoría

Las mejoras planeadas para la presente subcategoría se orientan a fortalecer la calidad, representatividad, consistencia temporal y trazabilidad de en la estimación de emisiones. Estas actividades priorizadas responden a las oportunidades de mejora identificadas a partir de los procesos de control de calidad (QA/QC), análisis de incertidumbre y revisión de la disponibilidad de información sectorial, así como a las recomendaciones formuladas procesos de examen por pares u otros procesos de revisión o análisis previos. Su implementación se desarrollará en articulación con las entidades competentes, con el fin de avanzar hacia el uso de información más precisa, reduciendo la dependencia de supuestos y variables proxy, y asegurando la coherencia con las Directrices del IPCC.

Las actividades específicas priorizadas para esta subcategoría se presentan en la Tabla 3-78, en la cual se detallan las oportunidades de mejora, los periodos de implementación, los actores responsables y la priorización correspondiente.

Tabla 3-78. Petróleo y gas natural. Plan de mejora

Subcategoría	Actividad propuesta de mejora	Periodo	Actores	Priorización
1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	Establecer un proceso técnico-institucional permanente para la actualización, validación y publicación de factores de emisión, incorporando trazabilidad, metadatos y coherencia con las Directrices IPCC 2006/2019.	1990-2024	UPME, Minenergía	BTR3 - 2028
1.B.2.c. Venteo y quema en antorcha	Incorporar en las estimaciones de emisiones fugitivas el desarrollo de factores de emisión propios para las emisiones por venteo que ocurren en el sector upstream, mediante el fortalecimiento de los sistemas de reporte sectorial y la articulación con las entidades del sector hidrocarburos, con el fin de mejorar la representatividad, exactitud y trazabilidad de las estimaciones.	1990-2024	Minenergía, ANM	BTR4 - 2030

Fuente: Elaboración propia

3.4 Transporte y almacenamiento de CO2 (CRT 1.C)

La categoría 1.C. Transporte y almacenamiento de CO_2 no se desarrolla en Colombia. En consecuencia, no se estiman emisiones ni absorciones asociadas a esta categoría para el inventario nacional.

4 PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS (CRT 2)

AUTORES

Daniela Maria Bernal Escobar (Ideam - Fundación Natura – PNUD), Diana Carolina Avella Ostos (Ideam - Fundación Natura – PNUD), Sergio Andrés Garces Jimenez (Ideam - Fundación Natura – PNUD), Wendi Yurani Garzón Herrera (Ideam - Fundación Natura – PNUD).

AGRADECIMIENTOS

Cámara de Procultivos – ANDI: María Helena Latorre Castañeda. **Comité Colombiano de Productores de Acero – ANDI**: Daniel Rey Suárez. **DANE:** Cesar Mauricio López Alfonso, Felipe Martínez, Juan Pablo Cardoso Torres, Solangel Escobar Riaño, Zaura Sierra Hernández. **Empresa de producción de ferroníquel. Empresas del sector de ácido nítrico. Empresas recuperadoras de plomo. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible**: Diego Escobar Ocampo, Leydy María Suárez, Nidia Mercedes Pabón, Gina Paola Sánchez. **Ministerio de Comercio, Industria y Turismo:** Jenny Marelbi Alarcón Parra**. PROCEMCO:** Manuel Lascarro**,** Gustavo Beltrán. **World Steel Association (WSA):** Adam Szewczyk.

4.1 Panorama general del sector

4.1.1 Descripción del sector

El desempeño del sector IPPU en Colombia está estrechamente relacionado con la evolución de la actividad manufacturera, la producción de materiales industriales y el comercio de bienes utilizados como materias primas e insumos en los procesos productivos. En consecuencia, la dinámica económica registrada entre 2022 y 2024 permite identificar cambios importantes en el nivel de actividad industrial que inciden directamente sobre las fuentes de emisión de este sector. Durante 2022, la economía colombiana mantuvo un importante proceso de recuperación posterior a la pandemia, impulsado por la demanda interna y la reactivación de la industria. En ese mismo año, las importaciones alcanzaron niveles históricamente altos, reflejando el dinamismo de la actividad industrial y la demanda de insumos productivos.

Durante el primer semestre de 2022, los suministros industriales representaron el 38,9 % del total de las importaciones colombianas (US$14.998 millones), mientras que los bienes de capital participaron con 18,8 % (US$7.251 millones). Asimismo, se registraron incrementos significativos en las importaciones de productos químicos orgánicos (27,5 %), plásticos en formas primarias (44,9 %), hierro y acero (23,2 %) y maquinaria industrial (29,5 %) (Ministerio de Comercio, 2022), materiales estrechamente relacionados con las actividades consideradas en el sector IPPU. A partir del segundo semestre de 2022 comenzó un proceso de desaceleración de la actividad manufacturera que se consolidó durante 2023. De acuerdo con la Encuesta Mensual Manufacturera, la producción real de la industria manufacturera registró una reducción anual de 4,9 % en 2023, luego de los elevados crecimientos observados en 2021 (16,2 %) y 2022 (10,6 %), asociados a la recuperación posterior a la pandemia. Esta contracción estuvo relacionada con la menor demanda interna, el endurecimiento de las condiciones financieras derivadas de la política monetaria para controlar la inflación y la disminución de la demanda externa, reflejada en la caída de las exportaciones manufactureras. No obstante, la producción industrial permaneció por encima de los niveles registrados antes de la pandemia, al ubicarse 12,3 % por encima del nivel observado en 2019 (Departamento Nacional de Planeación, 2024). La desaceleración continuó durante 2024, aunque con señales graduales de estabilización. En el primer semestre del año, la producción real de la industria manufacturera disminuyó 3,7 %, las ventas industriales cayeron 3,4 % y el empleo manufacturero presentó una reducción de 1,3 % frente al mismo período del año anterior (Ministerio de Comercio, 2024). Según las Cuentas Nacionales Anuales del DANE (DANE, 2026a), el Producto Interno Bruto (PIB) creció 1,5 % en 2024; sin embargo, las industrias manufactureras registraron una contracción de 2,6 %, mientras que la formación bruta de capital aumentó 2,4 % y las importaciones crecieron 1,2 %.

Estas tendencias reflejaron que la actividad industrial colombiana presentó una elevada sensibilidad frente a las condiciones macroeconómicas nacionales e internacionales, lo cual influyó directamente sobre los niveles de producción de cemento, cal, metales, productos químicos, manufacturas y otros procesos industriales considerados en el sector IPPU.

Este sector comprende las emisiones derivadas de los procesos físicos y químicos asociados a la producción industrial, el uso de determinados productos y los usos no energéticos del carbono contenido en los combustibles fósiles. De acuerdo con las Directrices del IPCC, este sector se estructura en ocho categorías, que agrupan las actividades industriales con características similares y permiten organizar la estimación de las emisiones de acuerdo con el tipo de proceso o producto involucrado. En el presente inventario se estiman las categorías para las cuales existen actividades relevantes en el país, con excepción de la categoría 2.E, la cual no ocurre en el país. Adicionalmente, además de las emisiones de gases de efecto invernadero, el inventario incluye estimaciones de carbono negro y contaminantes criterio en aquellas categorías donde las metodologías y la disponibilidad de información lo permiten. La Figura 4-1 presenta la estructura de las categorías consideradas en el sector IPPU.

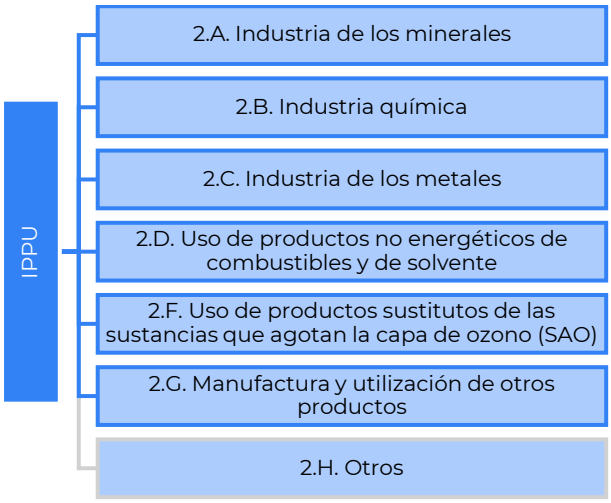


Figura 4-1. Sector IPPU: Categorías estimadas en el sector IPPU

La categoría 2A. Industria de los minerales comprende las actividades relacionadas con la producción de cemento, cal, vidrio y otros procesos que involucran el uso de carbonatos minerales. La categoría 2.B. Industria química reúne los procesos de fabricación de productos químicos básicos e intermedios, mientras que la categoría 2.C. Industria de los metales incluye la producción y transformación de hierro, acero, aluminio, magnesio y otros metales. Por su parte, la categoría 2.D. Uso de productos no energéticos de combustibles y solventes considera los usos de combustibles fósiles como materia prima o como productos no destinados a la generación de energía, como lubricantes, ceras y solventes.

La categoría 2.E. Industria electrónica comprende la fabricación de semiconductores, pantallas planas, dispositivos fotovoltaicos y otros componentes electrónicos; sin embargo, esta categoría no se considera para Colombia debido a que las actividades que la conforman no ocurren en el país. La categoría 2.F. Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO) incluye el uso de HFC y PFC en aplicaciones como refrigeración y aire acondicionado, espumas, aerosoles, sistemas de protección contra incendios y otros usos. La categoría 2.G. Manufactura y utilización de otros productos agrupa actividades relacionadas con equipos eléctricos y otros usos industriales específicos de determinados productos, mientras que la categoría 2.H. Otros, reúne aquellas actividades que no pueden clasificarse en las categorías anteriores, como algunos procesos de las industrias de pulpa y papel, y de alimentos y bebidas.

4.1.2 Tendencia de las emisiones y absorciones atmosféricas del sector

Tabla 4-1. Sector IPPU: emisiones por contaminante, categoría y subcategoría (kt) para 2024.

Código	Categorías de fuente de GEI	CO_2 (kt)	CH_4 (kt)	N_2O (kt)	HFC (kt CO_2 eq)	PFC (kt CO_2 eq)	Mezclas no específicas de HFC y PFC (kt CO_2eq)	SF_6 (kt)	NF_3 (kt)	COVDM (kt)	PM_{10} (kt)	$PM_{2.5}$ (kt)	CN (kt)	CO (kt)	NH_3 (kt)	NO_X (kt)	SO_2 (kt)	SO_X (kt)	Total de GEI (kt CO_2 eq)
2.	**Procesos industriales y uso de productos**	**6.401,6**	**8,6**	**165,0**	**4.863,5**	**0,5**	**NO**	**230,0**	**NO**	**177,3**	**13,8**	**3,0**	**5,3E-02**	**3,0**	**0,0**	**4,0**	**1,1**	**1,5**	**11.669,2**
2.A.	Industria de los minerales	5.101,1	NO	NO						NO	13,2	2,5	3,5E-02	NO	NO	NO	NO	NO	5.101,1
2.A.1.	Producción de cemento	4.625,1									2,0	1,1	3,4E-02						4.625,1
2.A.2.	Producción de cal	251,2									1,1	0,2	9,8E-04						251,2
2.A.3.	Producción de vidrio	121,4									2,2E-01	2,0E-01	1,2E-04						121,4
2.A.4.	Otros usos de carbonatos en los procesos	103,4	NO	NO															103,4
2.A.5.	Otros (especificar)										9,9	1,0							NO
2.B.	Industria química	343,1	8,4	165,0						30,8	3,6E-02	1,4E-02	1,3E-03	0,2	5,1E-04	3,3		1,5	516,5
2.B.1.	Producción de amoníaco	86,9	NO	NO						NO				5,1E-03	5,1E-04	5,1E-02		NO	86,9
2.B.2.	Producción de ácido nítrico			165,0												2,5			165,0
2.B.3.	Producción de ácido adípico	NO		NO						NO				NO		NO			NO
2.B.4.	Producción de caprolactama, glioxil y ácido glioxílico	NO		NO						NO								NO	NO
2.B.5.	Producción de carburo	NO	NO							NO				NO		NO		NO	NO
2.B.6.	Producción de dióxido de titanio	NO																	NO
2.B.7.	Producción de ceniza de sosa	NO																	NO
2.B.8.	Producción petroquímica y de negro de humo	256,2	8,4							29,1	3,6E-02	1,4E-02	1,3E-03	0,2		0,8		1,2	264,6
2.B.9.	Producción fluoroquímica				NO	NO	NO	NO	NO										NO
2.B.10.	Producción de hidrógeno									NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO		NO	NO
2.B.11.	Otros									1,7				7,4E-04				0,3	NO
2.C.	Industria de los metales	790,0	0,2	NO	NO	NO	NO	NO	NO	6,0E-02	1,7E-01	1,3E-01	8,7E-03	2,7E-03	NO	1,3E-01	5,9E-02	5,2E-02	790,2
2.C.1.	Producción de hierro y acero	547,4	0,2							6,0E-02	5,3E-02	4,4E-02	2,6E-04	2,7E-03	NO	1,3E-01	5,9E-02	NO	547,6
2.C.2.	Producción de ferroaleaciones	237,5	NO							NO	1,2E-01	8,4E-02	8,4E-03	NO	NO	NO	NO	NO	237,5
2.C.3.	Producción de aluminio	NO				NO		NO		NO				NO		NO		NO	NO
2.C.4.	Producción de magnesio	NO			NO	NO	NO	NO		NO				NO		NO		NO	NO

Código	Categorías de fuente de GEI	CO_2 (kt)	CH_4 (kt)	N_2O (kt)	HFC (kt CO_2 eq)	PFC (kt CO_2 eq)	Mezclas no específicas de HFC y PFC (kt CO_2eq)	SF_6 (kt)	NF_3 (kt)	COVDM (kt)	PM_{10} (kt)	$PM_{2.5}$ (kt)	CN (kt)	CO (kt)	NH_3 (kt)	NO_X (kt)	SO_2 (kt)	SO_X (kt)	Total de GEI (kt CO_2 eq)
2.C.5.	Producción de plomo	5,0								NO	1,3E-04	6,3E-05		NO		NO		5,2E-02	5,0
2.C.6.	Producción de cinc	NO								NO				NO		NO		NO	NO
2.C.7.	Otros (especificar)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.D.	Productos no energéticos de combustibles y uso de solventes	167,5	NO	NO						127,8				NO		NO		NO	167,5
2.D.1.	Uso de lubricantes	147,7	NO	NO						NO				NO		NO		NO	147,7
2.D.2.	Uso de la cera de parafina	19,8	NO	NO						NO				NO		NO		NO	19,8
2.D.3.	Otros (especificar)	NO	NO	NO						127,8				NO		NO		NO	NO
2.E.	Industria electrónica			NO	NO	NO	NO	NO	NO		NO	NO	NO		NO		NO		NO
2.E.1.	Circuitos integrados o semiconductores			NO	NO	NO	NO	NO	NO		NO	NO	NO		NO		NO		NO
2.E.2.	Pantalla plana tipo TFT			NO	NO	NO	NO	NO	NO		NO	NO	NO		NO		NO		NO
2.E.3.	Células fotovoltaicas				NO	NO	NO	NO	NO		NO	NO	NO		NO		NO		NO
2.E.4.	Fluidos de transferencia térmica				NO	NO	NO	NO	NO		NO	NO	NO		NO		NO		NO
2.E.5.	Otros (especificar)			NO	NO	NO	NO	NO	NO		NO	NO	NO		NO		NO		NO
2.F.	Uso de productos sustitutos de las SAO				4.863,5	0,5	NO	NO	NO										4.864,0
2.F.1.	Refrigeración y aire acondicionado				4.749,5	0,5	NO	NO	NO										4.750,0
2.F.2.	Agentes espumantes				12,0	NO	NO	NO	NO										12,0
2.F.3.	Protección contra incendios				10,4	NO	NO	NO	NO										10,4
2.F.4.	Aerosoles				88,3	NO	NO	NO	NO										88,3
2.F.5.	Solventes				NO	NO	NO	NO	NO										NO
2.F.6.	Otras aplicaciones				3,4	NO	NO	NO	NO										3,4
2.G.	Manufactura y utilización de otros productos	NO	NO	NO	NO	NO	NO	230,0	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	230,0
2.G.1.	Equipos eléctricos				NO	NO	NO	230,0	NO										230,0
2.G.2.	SF_6 y PFC de otros usos de productos					NO		NO											NO
2.G.3.	N_2O de usos de productos			NO															NO
2.G.4.	Otros	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.H.	Otros (especificar)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	18,6	0,4	0,3	7,9E-03	2,8		0,5	1,0		NO
2.H.1.	2.H.1. Industria de pulpa y papel	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	1,0	0,4	0,3	7,9E-03	2,8		0,5	1,0		NO
2.H.2.	2.H.2. Industria de la alimentación y las bebidas	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	17,6									

Nota 1: NO = no ocurre. Nota 2: En las tablas CRT, la categoría 2.B.10 corresponde a la nomenclatura utilizada para reportar la información que en el presente documento se desarrolla como 2.B.11. Otros. Por tanto, las emisiones reportadas bajo la categoría 2.B.10 en las CRT corresponden a las presentadas para la categoría 2.B.11 en este documento. Fuente: Elaboración propia, con base en hoja **Table2(I)** de los CRT.

Como se observa en la Figura 4-2 y en la Tabla 4-2, las emisiones del sector IPPU presentaron una tendencia creciente durante el período 1990-2024, aunque con fluctuaciones asociadas al comportamiento de la actividad industrial y a la evolución de las diferentes categorías que conforman el sector. Las emisiones pasaron de 4.272,8 kt CO_2eq en 1990 a 11.669,2 kt CO_2eq en 2024, lo que representó un incremento de 173,1 % respecto al año base.

La evolución del sector puede dividirse en tres etapas. Entre 1990 y 2004 las emisiones presentaron un crecimiento moderado, con un incremento acumulado del 40,1 %, impulsado principalmente por la categoría 2.A, especialmente por la categoría 2.A.1, asociada a la producción de cemento, cuyo comportamiento reflejó la evolución de la actividad del sector de la construcción y la demanda de materiales cementantes. A partir de 2005 se evidenció un incremento más acelerado de las emisiones totales, explicado tanto por el crecimiento de la producción industrial como por la incorporación y posterior expansión de la categoría 2.F, correspondiente al uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO), cuyas emisiones aumentaron de forma sostenida a medida que se generalizó el uso de hidrofluorocarbonos (HFC) como sustitutos de estas sustancias.

Las emisiones del sector alcanzaron su valor máximo en 2022, con 12.681,8 kt CO_2eq, para posteriormente registrar una disminución hasta 12.273,4 kt CO_2eq en 2023 y 11.669,2 kt CO_2eq en 2024. Esta reducción estuvo asociada principalmente a la disminución de las emisiones de la categoría 2.A. Industria de los minerales, particularmente de la categoría 2.A.1 Producción de cemento), cuya producción pasó de 5.167,2 kt CO_2eq en 2022 a 4.625,1 kt CO_2eq en 2024, así como a la reducción observada en la categoría 2.B. Industria química, cuyas emisiones disminuyeron de 1.106,9 kt CO_2eq a 516,5 kt CO_2eq en el mismo período (véase la Tabla 4-2).

Tabla 4-2. Sector IPPU: Emisiones totales de GEI por categoría y subcategoría (kt CO_{2eq})

Categoría	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
2. IPPU	**4.272,8**	**5.672,0**	**4.865,1**	**6.830,4**	**6.973,0**	**9.149,9**	**10.711,7**	**11.342,7**	**12.681,8**	**12.273,4**	**11.669,2**
2.A. Industria de los minerales	**2.957,5**	**4.164,2**	**3.318,8**	**4.571,4**	**4.386,5**	**4.740,6**	**4.345,2**	**5.186,4**	**5.522,9**	**5.438,1**	**5.101,1**
2.A.1. Producción de cemento	2.739,6	3.920,4	3.056,8	4.248,9	4.071,8	4.468,6	4.051,5	4.794,5	5.167,2	4.909,2	4.625,1
2.A.2. Producción de cal	88,3	89,1	53,9	102,7	183,3	131,0	128,7	180,0	141,9	303,8	251,2
2.A.3. Producción de vidrio	85,3	113,1	155,7	160,4	85,9	82,9	86,2	107,0	105,5	119,1	121,4
2.A.4. Otros usos industriales de los carbonatos	44,2	41,6	52,4	59,4	45,5	58,1	78,8	104,9	108,3	106,0	103,4
2.B. Industria química	**519,1**	**556,7**	**721,8**	**962,9**	**1.015,1**	**890,1**	**998,0**	**1.003,5**	**1.106,9**	**822,8**	**516,5**
2.B.1. Producción de amoníaco	185,2	172,5	191,2	213,9	193,7	151,8	166,3	181,7	220,0	191,0	86,9
2.B.2. Producción de ácido nítrico	168,4	131,4	272,9	373,6	485,7	512,7	581,2	518,8	553,7	381,1	165,0
2.B.4. Producción de caprolactama, glioxal y ácido glioxílico	62,2	58,9	71,0	74,1	67,5	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.B.8. Producción petroquímica y de negro de humo	103,3	194,0	186,8	301,4	268,2	225,6	250,5	303,0	333,2	250,6	264,6
2.C. Industria de los metales	**682,8**	**803,0**	**728,1**	**832,6**	**414,0**	**1.098,3**	**978,3**	**972,1**	**796,6**	**924,1**	**790,2**
2.C.1. Producción de hierro y acero	599,7	692,3	624,0	593,1	163,7	877,8	773,0	755,9	536,1	674,7	547,6
2.C.2. Producción de ferroaleaciones	83,0	110,7	102,6	236,8	243,6	215,0	201,1	212,1	256,0	244,5	237,5
2.C.5. Producción de plomo	NO	NO	1,5	2,7	6,7	5,5	4,2	4,1	4,5	4,9	5,0
2.D. Uso de productos no energéticos de	**71,8**	**108,9**	**68,2**	**74,9**	**122,6**	**74,5**	**128,0**	**146,7**	**179,6**	**168,6**	**167,5**

Categoría	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
combustibles y de solvente											
2.D.1. Uso de lubricantes	42,8	80,4	43,8	48,3	95,1	53,8	106,9	123,0	153,4	146,3	147,7
2.D.2. Uso de cera de parafina	29,1	28,5	24,5	26,6	27,4	20,7	21,1	23,7	26,2	22,3	19,8
2.F. Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO)	**NO**	**NO**	**NO**	**305,7**	**928,9**	**2.180,2**	**4.077,4**	**3.834,5**	**4.866,3**	**4.700,0**	**4.864,0**
2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	NO	NO	NO	305,2	862,4	2.067,6	3.905,0	3.528,9	4.546,5	4.365,9	4.750,0
2.F.2. Agentes espumantes	NO	NO	NO	NO	NO	0,1	18,9	170,6	147,3	201,8	12,0
2.F.3. Protección contra incendios	NO	NO	NO	NO	1,5	17,2	36,7	28,3	43,1	8,8	10,4
2.F.4. Aerosoles	NO	NO	NO	NO	63,4	94,2	114,0	104,0	126,2	118,7	88,3
2.F.5. Solventes	NO	NO	NO	NO	0,3	0,4	NO	NO	NO	NO	NO
2.F.6. Otras aplicaciones	NO	NO	NO	0,6	1,2	0,6	2,9	2,7	3,2	4,8	3,4
2.G. Manufactura y utilización de otros productos	**41,7**	**39,2**	**28,2**	**82,9**	**106,0**	**166,2**	**184,8**	**199,6**	**209,6**	**219,7**	**230,0**
2.G.1. Equipos eléctricos	41,7	39,2	28,2	82,9	106,0	166,2	184,8	199,6	209,6	219,7	230,0

Fuente: Elaboración propia.

En 2024, la categoría 2.A. Industria de los minerales continuó siendo la principal fuente de emisiones del sector, con 5.101,1 kt CO_2eq, equivalente al 43,7 % del total sectorial. Le siguió la categoría 2.F. Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO), con 4.864,0 kt CO_2eq (41,7 %), evidenciando la creciente importancia de las emisiones asociadas al uso de gases fluorados. Las categorías 2.C. Industria de los metales, 2.B. Industria química, 2.G. Manufactura y utilización de otros productos y 2.D. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente aportaron 6,8 %, 4,4 %, 2,0 % y 1,4 %, respectivamente, mientras que su contribución conjunta representó alrededor del 15 % de las emisiones del sector (véase la Figura 4-2).

Al analizar las subcategorías, se observa que la categoría 2.A.1. Producción de cemento, constituyó históricamente la principal fuente de emisiones del sector IPPU y representó el 90,7 % de las emisiones de la categoría 2.A en 2024. Asimismo, la categoría 2.F.1, correspondiente a refrigeración y aire acondicionado, concentró el 97,7 % de las emisiones de la categoría 2.F, confirmando que el uso de equipos de refrigeración y climatización constituye actualmente el principal impulsor del crecimiento de las emisiones asociadas a los gases fluorados.

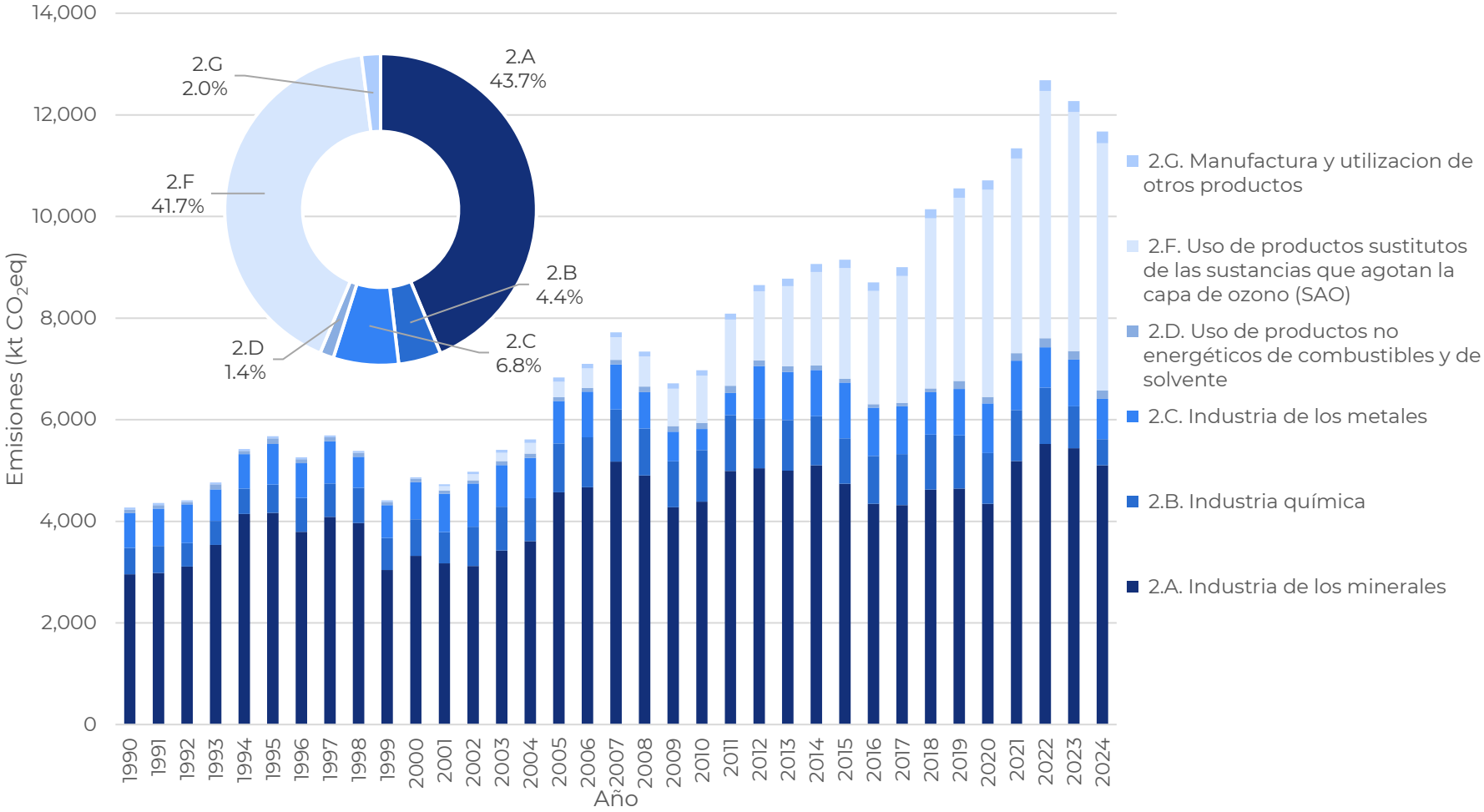


Figura 4-2. Sector IPPU: Categorías estimadas en el sector IPPU,

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la Figura 4-3 y en la Tabla 4-3, las emisiones del sector IPPU estuvieron dominadas por el CO_2, seguido por los hidrofluorocarbonos (HFC). En conjunto, estos dos grupos de gases representaron 96,6 % de las emisiones del sector en 2024, mientras que el 3,4 % restante correspondió principalmente a hexafluoruro de azufre (SF_6), óxido nitroso (N_2O), metano (CH_4) y perfluorocarbonos (PFC).

En 2024, las emisiones de CO_2 alcanzaron 6.401,6 kt CO_2eq, equivalentes al 54,9 % del total sectorial (véase la Figura 4-5). Este gas ha predominado durante toda la serie temporal, debido a que las principales fuentes de emisión del sector corresponden a procesos industriales que liberan dióxido de carbono, especialmente la producción de cemento en la categoría 2.A.1, la cual constituyó históricamente la principal fuente de emisiones del sector. Aunque las emisiones de CO_2 presentaron una tendencia creciente respecto al año base, con un incremento de 60,0 % entre 1990 y 2024, en los dos últimos años de la serie se observa una disminución asociada principalmente a la reducción de las emisiones provenientes de la categoría 2.A.1 y de algunas actividades de la categoría 2.B como 2.B.1. Producción de amoniaco y 2.B.2. Producción de ácido cítrico (véase la Tabla 4-3).

Los HFC constituyeron el segundo grupo de gases con mayor contribución, alcanzando 4.863,5 kt CO_2eq en 2024 (41,7 % del total sectorial). Estas emisiones provinieron exclusivamente de la categoría 2.F. Como se observa en la Figura 4-3, las emisiones de HFC comenzaron a registrarse a partir de 2001, reflejando la incorporación progresiva de estos compuestos como sustitutos de las sustancias controladas por el Protocolo de Montreal. Desde entonces presentaron una tendencia creciente, convirtiéndose en el segundo componente más importante de las emisiones del sector. En 2024, los compuestos con mayor contribución fueron HFC-125 (1.718,2 kt CO_2eq), HFC-134a (1.632,6 kt CO_2eq) y HFC-143a (1.308,0 kt CO_2eq), que en conjunto representaron cerca del 96 % de las emisiones totales de HFC (véase la Figura 4-5).

Tabla 4-3. Sector IPPU: Emisiones por cada GEI en el sector IPPU (kt CO_{2eq})

Año	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
CO_2	4.000,1	5.442,0	4.492,5	5.984,6	5.377,4	6.281,4	5.863,8	6.783,8	7.043,8	6.964,1	6.401,6
CH_4	0,4	0,5	0,5	9,5	7,5	9,4	4,4	6,1	8,5	8,4	8,6
N_2O	230,6	190,2	343,9	447,7	553,2	512,7	581,2	518,8	553,7	381,1	165,0
SF_6	41,7	39,2	28,2	82,9	106,0	166,2	184,8	199,6	209,6	219,7	230,0
Total HFC	**NO**	**NO**	**NO**	**305,7**	**928,8**	**2.180,1**	**4.076,5**	**3.833,7**	**4.865,7**	**4.699,5**	**4.863,5**
HFC-23	NO	NO	NO	NO	0,1	0,1	0,4	0,4	0,2	0,3	0,3
HFC-32	NO	NO	NO	NO	3,5	31,0	99,4	105,6	137,7	159,9	182,1
HFC-125	NO	NO	NO	20,6	121,4	553,5	1.181,5	1.161,5	1.543,4	1.562,2	1.718,2
HFC-134a	NO	NO	NO	284,5	687,7	1.145,0	1.792,7	1.474,7	1.737,6	1.585,3	1.632,6
HFC-143a	NO	NO	NO	NO	114,1	441,1	977,4	908,8	1.282,5	1.176,7	1.308,0
HFC-152a	NO	NO	NO	0,6	1,2	0,6	2,9	2,7	3,2	4,8	3,4
HFC-227ea	NO	NO	NO	NO	0,7	7,2	7,6	49,8	48,3	55,9	6,4
HFC-236fa	NO	NO	NO	NO	NO	NO	0,1	0,3	0,5	0,7	0,6
HFC-245fa	NO	NO	NO	NO	0,0	0,2	0,1	0,0	0,1	0,1	12,0
HFC-365mfc	NO	NO	NO	NO	0,0	0,1	14,5	129,9	112,2	153,7	NO
HFC-4310mee	NO	NO	NO	NO	NO	1,3	NO	NO	NO	NO	NO
Total PFC	**NO**	**NO**	**NO**	**NO**	**0,1**	**0,1**	**0,9**	**0,7**	**0,6**	**0,6**	**0,5**
PFC-14	NO	NO	NO	NO	NO	NO	0,0	0,1	0,2	0,2	0,2
PFC-218	NO	NO	NO	NO	NO	NO	0,5	0,4	0,3	0,3	0,2

Año	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
R-116 / PFC-116	NO	NO	NO	NO	0,1	0,1	0,4	0,2	0,1	4,3E-02	3,6E-02

Fuente: Elaboración propia

Las emisiones de N_2O alcanzaron 165,0 kt CO_2eq en 2024, equivalentes al 1,4 % del total sectorial. Estas emisiones provinieron principalmente de la categoría 2.B.2, correspondiente a la producción de ácido nítrico. A lo largo de la serie temporal presentaron variaciones asociadas al comportamiento de la producción industrial, alcanzando su valor máximo en 2020 (581,2 kt CO_2eq) y disminuyendo de forma importante en los años posteriores.

Por su parte, las emisiones de SF_6 ascendieron a 230,0 kt CO_2eq en 2024 (2,0 % del total sectorial) y provinieron exclusivamente de la categoría 2.G.1, relacionada con la manufactura y utilización de equipos eléctricos. Estas emisiones mostraron una tendencia creciente con un incremento acumulado de 451,6 % entre 1990 y 2024.

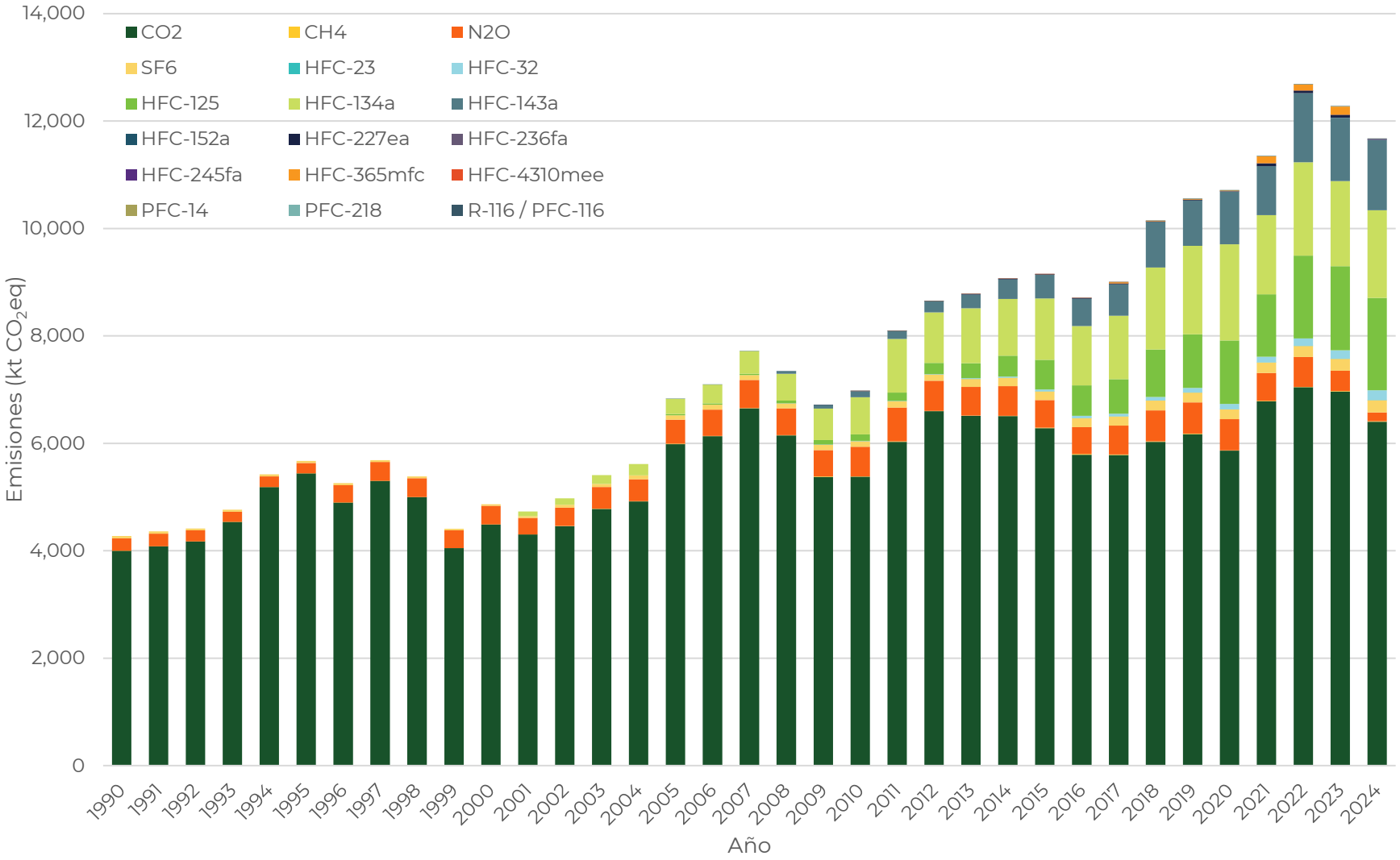


Figura 4-3. Sector IPPU: Emisiones por cada GEI (kt CO_2eq)

Fuente: Elaboración propia

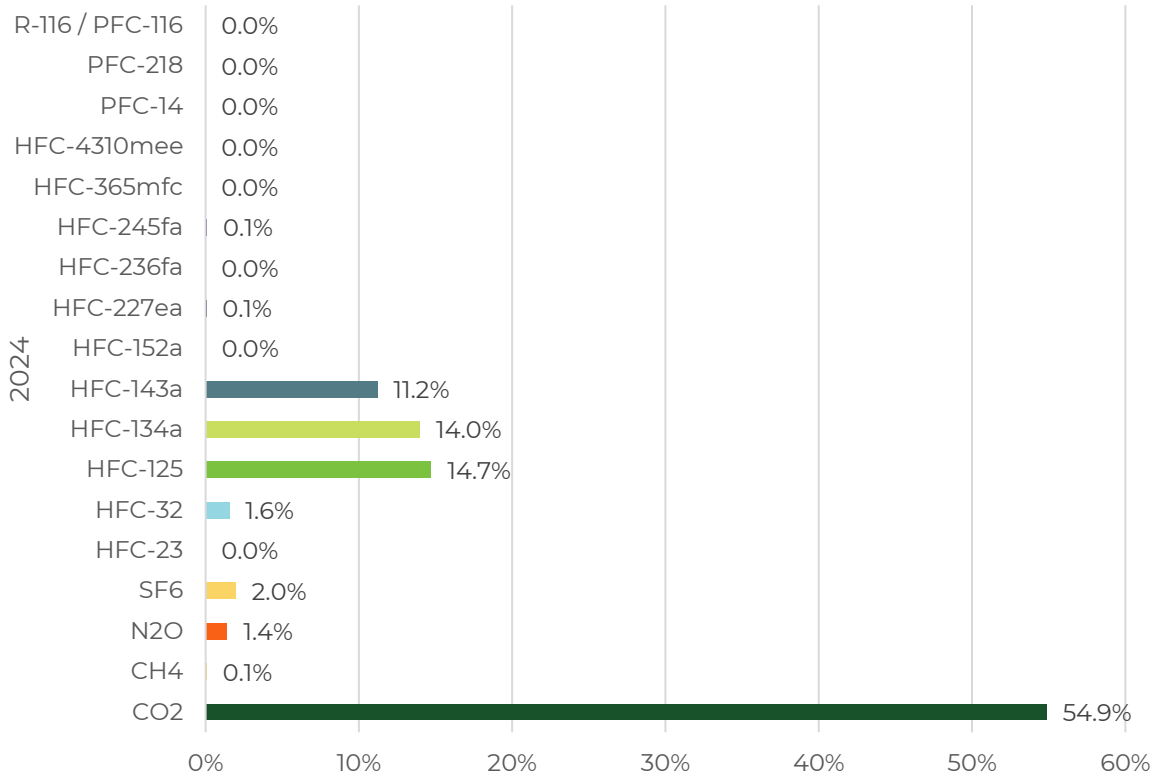


Figura 4-4. Sector IPPU: Emisiones por cada GEI (kt CO_2eq), 2024

Fuente: Elaboración propia.

Las emisiones de CH_4 y PFC presentaron una contribución marginal dentro del sector. En 2024, el metano registró 8,6 kt CO_2eq (0,07 % del total), mientras que los perfluorocarbonos alcanzaron 0,5 kt CO_2eq (0,002 %). Las emisiones de PFC se originaron exclusivamente en la categoría 2.F, asociada al uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO), mientras que las emisiones de CH_4 correspondieron principalmente a procesos específicos de la industria química y presentaron una participación poco significativa dentro del total sectorial.

En términos generales, la evolución de las emisiones por gas evidencia dos comportamientos claramente diferenciados: por un lado, las emisiones de CO_2, estrechamente relacionadas con la producción industrial, particularmente con la fabricación de cemento; y por otro, el crecimiento sostenido de los HFC, asociado a la expansión del uso de sustancias sustitutas de las SAO en equipos y aplicaciones industriales. Ambos grupos de gases determinaron la tendencia observada para el sector IPPU durante el período 1990-2024.

Por otro lado, la siguiente tabla presenta el comportamiento de las emisiones de carbono negro y contaminantes criterio en el sector IPPU:

Tabla 4-4. Sector IPPU: Emisiones de carbono negro y contaminantes criterio en el sector (kt)

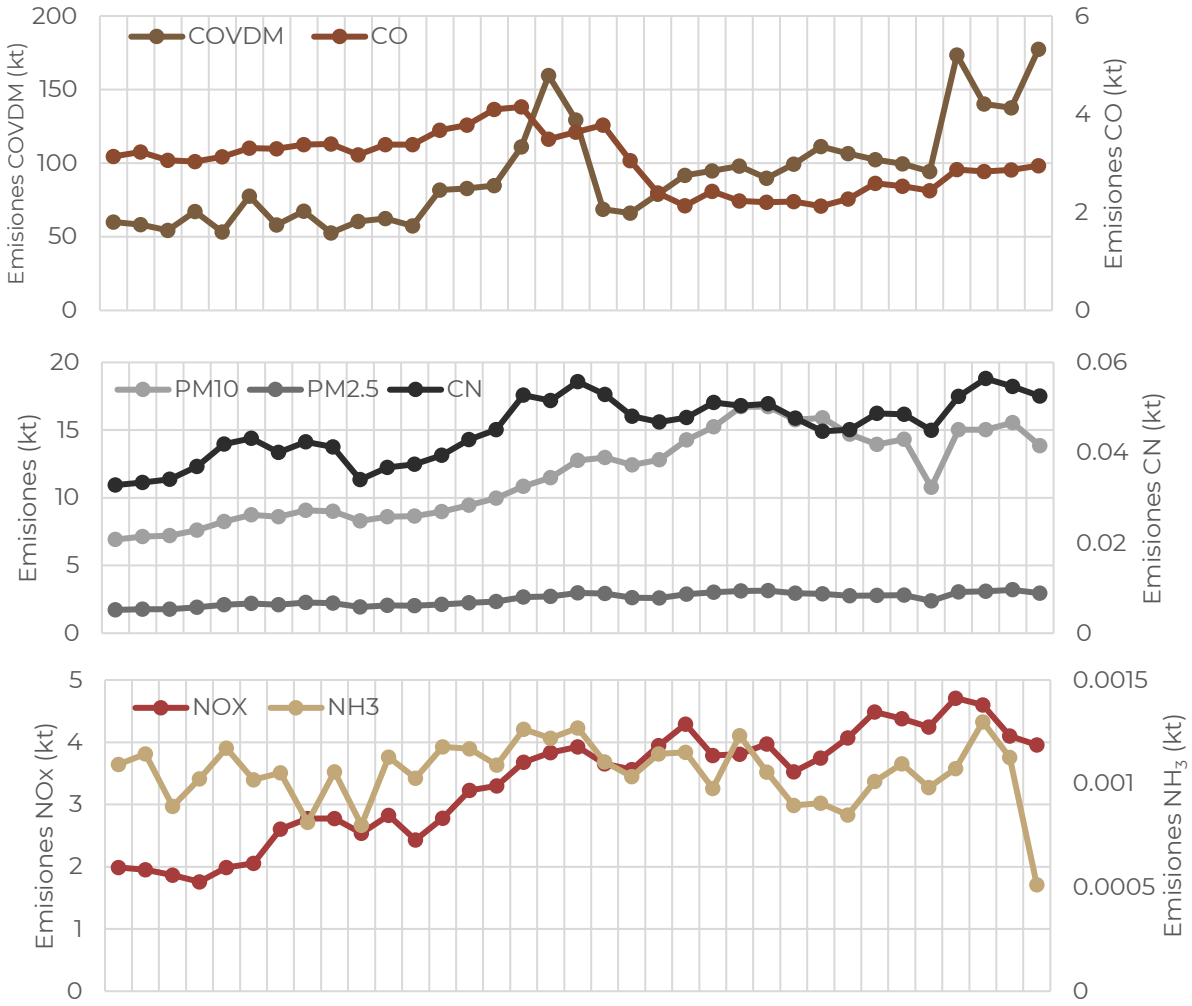
Precursor	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
COVDM	60,0	77,6	62,4	111,1	78,9	99,4	94,3	173,4	140,2	137,7	177,3
PM_{10}	6,9	8,8	8,6	10,8	12,8	15,8	10,8	15,0	15,0	15,6	13,8
$PM_{2.5}$	1,7	2,2	2,1	2,7	2,6	3,0	2,4	3,1	3,1	3,2	3,0
CN	3,3E-02	4,3E-02	3,7E-02	5,3E-02	4,7E-02	4,8E-02	4,5E-02	5,2E-02	5,6E-02	5,5E-02	5,3E-02
CO	3,1	3,3	3,4	4,1	2,4	2,2	2,4	2,9	2,8	2,9	3,0

Precursor	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
NH_3	1,1E-03	1,0E-03	1,1E-03	1,3E-03	1,1E-03	9,0E-04	9,8E-04	1,1E-03	1,3E-03	1,1E-03	5,1E-04
NO_X	2,0	2,1	2,8	3,7	3,9	3,5	4,2	4,7	4,6	4,1	4,0
SO_2	1,1	1,2	1,2	1,5	0,9	0,8	0,9	1,0	1,0	1,0	1,1
SO_X	0,8	1,2	1,2	1,5	1,4	0,8	1,4	1,6	1,7	1,3	1,5

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la Figura 4-5 y en la Tabla 4-4 las emisiones de carbono negro y contaminantes criterio del sector IPPU presentaron comportamientos diferenciados según el contaminante y las actividades industriales que les dan origen. En términos generales, los compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano (COVDM) constituyeron el contaminante con mayor contribución durante toda la serie temporal, seguidos por PM_{10}, CO, NO_x, SO_x, $PM_{2.5}$, SO_2, CN y NH_3.

En 2024, las emisiones de COVDM provinieron principalmente de las categorías 2.B. Industria química, 2.D. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente y 2.H. Otros, las cuales incluyen procesos industriales y el uso de productos que generan emisiones de compuestos orgánicos volátiles. Como se observa en la Figura 4-5, aunque las emisiones de COVDM presentaron fluctuaciones interanuales, la tendencia general fue creciente respecto al año base, pasando de 60,0 kt en 1990 a 177,3 kt en 2024.



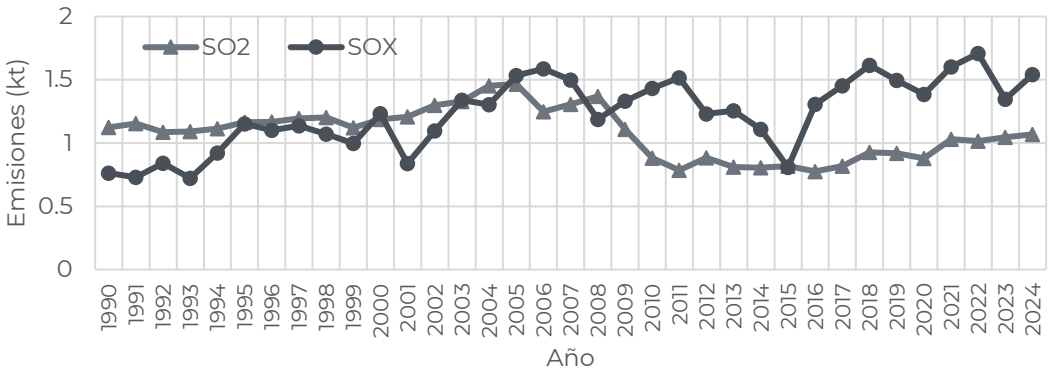


Figura 4-5. Sector IPPU: Emisiones de carbono negro y contaminantes criterio (kt), 1990-2024

Fuente: Elaboración propia

El PM_{10} y el $PM_{2.5}$ constituyeron el segundo grupo de contaminantes con mayor aporte dentro del sector, alcanzando 13,8 kt y 3,0 kt, respectivamente, en 2024. Estas emisiones se asocian principalmente a la categoría 2.A. Industria de los minerales, debido a los procesos de producción y manejo de materiales minerales, particularmente durante la fabricación de cemento y otros productos minerales. A lo largo de la serie se observa un incremento gradual de ambos contaminantes, con variaciones asociadas al comportamiento de la actividad industrial.

Las emisiones de CN fueron reducidas durante toda la serie temporal y alcanzaron 0,053 kt en 2024. No obstante, presentaron una tendencia general creciente respecto al año base, con un incremento acumulado de 60,6% entre 1990 y 2024. Estas emisiones provinieron principalmente de las categorías 2.A.1. Industria de cemento y 2.C.2. Ferroaleaciones.

Las emisiones de CO registraron 3,0 kt en 2024 y provinieron principalmente de la categoría 2.H. Otros, mostrando un comportamiento relativamente estable durante la mayor parte de la serie. Por su parte, las emisiones de NO_x alcanzaron 4,0 kt, mientras que las de SO_x y SO_2 fueron de 1,5 kt y 1,1 kt, respectivamente, reflejando variaciones moderadas asociadas a la evolución de los procesos industriales considerados en el sector.

Cabe señalar que la estimación de las emisiones de SO_x y SO_2 depende de la disponibilidad de factores de emisión específicos para cada categoría y subcategoría del sector IPPU. Dado que estos factores no están disponibles de manera uniforme para ambos contaminantes en todas las fuentes, las emisiones se estiman de forma independiente y los valores reportados no corresponden a una desagregación directa entre SO_x y SO_2. Por esta razón, en algunos años de la serie las emisiones de SO_2 pueden ser superiores a las de SO_x, lo que responde a la metodología de estimación aplicada y no a una inconsistencia en los resultados.

4.1.3 Aspectos metodológicos generales del sector

Las estimaciones de emisiones del sector se desarrollaron siguiendo las metodologías establecidas en las Directrices del Intergovernmental Panel on Climate Change (2006a) para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero y el Refinamiento (2019), de acuerdo con la categoría y la disponibilidad de información nacional. Para la estimación de CN y contaminantes criterio se emplearon las metodologías y factores de emisión propuestos en la Guía EMEP/EEA (2019h), conforme a las categorías del sector para las cuales aplicó este cálculo.

La selección del nivel metodológico para cada categoría respondió a la disponibilidad, calidad y nivel de desagregación de la información de actividad, priorizando el uso de metodologías de mayor nivel cuando fue posible disponer de datos específicos del país. En consecuencia, el sector incorporó enfoques metodológicos con Tier 1, 1a, 2 y 3, dependiendo de las características de cada categoría y subcategoría, como se presenta en la Tabla 4-5. La mayor parte de las estimaciones se realizó mediante metodologías de Tier 1, utilizando factores de emisión por defecto del IPCC, así como el enfoque Tier 1a específico para la categoría de productos sustitutos de las SAO; sin embargo, para categorías específicas se emplearon metodologías de mayor nivel, como la producción de cal, vidrio y otros usos industriales de carbonatos (Tier 2), así como la producción de ácido nítrico, estimada mediante una metodología de Tier 3 basada en información específica por planta, lo que permitió mejorar la representatividad de las estimaciones nacionales.

La siguiente tabla presenta los niveles metodológicos para cada subcategoría y cada uno de los gases estimados:

Tabla 4-5. Sector IPPU: Niveles metodológicos

Categoría	Subcategoría	GEI - contaminante	Nivel (Tier)
2.A. Industria de los minerales	2.A.1. Producción de cemento	CO_2,	1
		CN, PM_{10}, $PM_{2.5}$	1
	2.A.2. Producción de cal	CO_2,	2
		CN, PM_{10}, $PM_{2.5}$	1
	2.A.3. Producción de vidrio	CO_2,	2
		CN, PM_{10}, $PM_{2.5}$	2
	2.A.4. Otros usos industriales de los carbonatos	CO_2,	2
	2.A.5.a. Cantería y minería de minerales diferentes al carbón	PM_{10}, $PM_{2.5}$	1
	2.A.5.b. Construcción y demoliciones	PM_{10}, $PM_{2.5}$	1
2.B. Industria química	2.B.1. Producción de amoniaco	CO_2	1
		CO, NH_3, NO_X	1
	2.B.2. Producción de ácido nítrico	N_2O	3
		NO_X	1
	2.B.4.a. Producción de caprolactama	N_2O	1
	2.B.8. Producción petroquímica y de negro de humo	CO_2	1
		CH_4	1
		COVDM, PM_{10}, $PM_{2.5}$, CN, CO, NO_X, SO_X	2
	2.B.11. Otros	COVDM, CO, SO_X	2
2.C. Industria de los metales	2.C.1.a. Acero	CO_2	1
		COVDM, PM_{10}, $PM_{2.5}$, CN, CO, NO_X, SO_2	2
	2.C.1.b. Fundición en bruto (Arrabio)	PM_{10}, $PM_{2.5}$, CN	2
	2.C.1.d. Sinterizado	CO_2	1
		CH_4	1
		COVDM, PM_{10}, $PM_{2.5}$, CN	2
	2.C.2. Producción de ferroaleaciones	CO_2	1
		PM_{10}, $PM_{2.5}$, CN	1
	2.C.5. Producción de plomo	CO_2	1
		PM_{10}, $PM_{2.5}$, SO_X	1
2.D. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente	2.D.1. Uso de lubricantes	CO_2	1
	2.D.2. Uso de cera de parafina	CO_2	1
	2.D.3.a.i. Uso de disolventes	COVDM	2a
	2.D.3.a.iv.2. Desengrasantes	COVDM	1
	2.D.3.a.iv.5. Impresión	COVDM	2
	2.D.3.a.iv.6. Otros usos de solventes y de productos	COVDM	2
2.F. Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO)	2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	HFC-23 HFC-32 HFC-125 HFC-134a HFC-143a HFC-236fa PFC-14 PFC-218 R-116 / PFC-116	1a
	2.F.2. Agentes espumantes	HFC-227ea HFC-245fa HFC-365mfc	1a
	2.F.3. Protección contra incendios	HFC-125	1a

Categoría	Subcategoría	GEI - contaminante	Nivel (Tier)
		HFC-227ea HFC-236fa	
	2.F.4. Aerosoles	HFC-134a HFC-245fa HFC-365mfc HFC-4310mee	1a
	2.F.5. Solventes	HFC-134a	1a
	2.F.6. Otras aplicaciones	HFC-152a	1a
2.G. Manufactura y utilización de otros productos	2.G.1. Equipos eléctricos	SF_6	1
2.H. Otros	2.H.1. Industria de pulpa y papel	COVDM, PM_{10}, $PM_{2.5}$, CN, CO, NO_X, SO_2	1
	2.H.2. Industria de alimentos y bebidas	COVDM	2

Como se aprecia en la Tabla 4-5 algunas categorías del sector solo corresponden a gases de efecto invernadero, en otras se calculan gases de efecto invernadero, carbono negro y contaminantes criterio y en otras solo esta última, lo cual se especifica en la Figura 4-6.

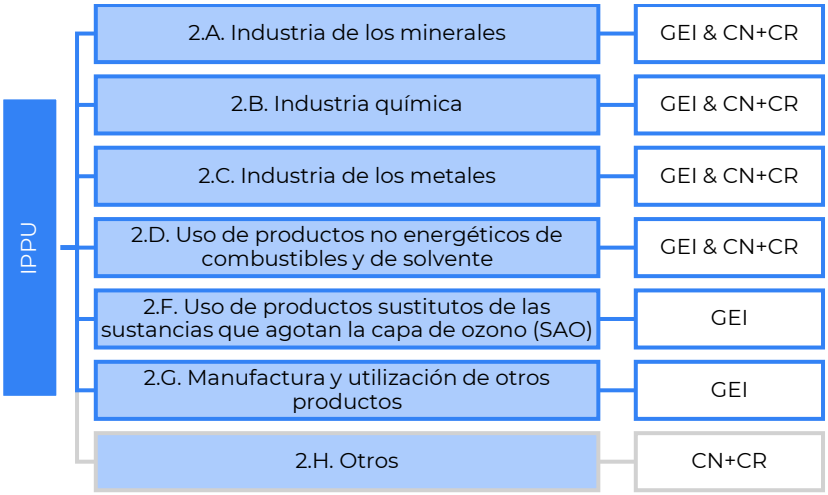


Figura 4-6. Sector IPPU: Categorías estimadas en el sector IPPU y los tipos de contaminantes estimados

Nota: GEI – Gases de Efecto Invernadero. CN+CR – Carbono Negro y Contaminantes Criterio

Las estimaciones fueron desarrolladas mediante hojas de cálculo en Microsoft Excel, empleando la estructura de cálculo del inventario nacional en las bases de datos de B0 (datos de actividad), B2 (datos de actividad procesados) y F2 (factores y demás parámetros) y la base de cálculo SectorCal. Adicionalmente, durante este ciclo del inventario se implementó una mejora metodológica en las categorías 2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado y 2.F.3. Protección contra incendios, mediante la adaptación de las hojas de cálculo originalmente desarrolladas por el IPCC. Esta mejora permitió replicar su estructura y funcionalidad en un formato compatible con la extensión de la serie temporal hasta 2024, superando las limitaciones y restricciones que presentaban las hojas originales al ampliar el período de cálculo más allá de 2015.

Los datos de actividad utilizados para las estimaciones se obtuvieron principalmente de información oficial y sectorial suministrada por entidades como el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), la Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (ANDI), PROCEMCO, la Unidad Técnica de Ozono (UTO) del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y diversas empresas privadas pertenecientes a los sectores industriales evaluados. Dependiendo de la categoría, esta información comprendió estadísticas de producción, consumo, comercialización, importación y utilización de materias primas, productos industriales y sustancias químicas.

Los factores de emisión empleados correspondieron principalmente a los valores por defecto establecidos en las Directrices del Intergovernmental Panel on Climate Change (2006a), el Refinamiento (2019a) y la Guía EMEP/EEA (2019h). Adicionalmente, para aquellas categorías en las que se dispuso de información nacional, se utilizaron factores de emisión específicos del país, como es el caso de la producción de ácido nítrico, con el fin de mejorar la representatividad de las estimaciones.

4.2 Industria de los minerales (CRT 2.A)

4.2.1 Descripción y tendencia de las emisiones y absorciones atmosféricas de la categoría

Estas emisiones se originan principalmente por la descomposición térmica de carbonatos durante procesos de calcinación o fusión a altas temperaturas, en los que se liberan óxidos metálicos y dióxido de carbono como parte de las reacciones químicas inherentes al proceso industrial (Hanle et al., 2006a). De acuerdo con las Directrices del IPCC, estas estimaciones consideran únicamente las emisiones de proceso, mientras que las emisiones derivadas de la combustión de energéticos utilizados para suministrar energía a los hornos se reportan en el sector Energía.

Como se observa en la Figura 4-7, la categoría 2.A está conformada por cinco subcategorías. Para Colombia se estiman las emisiones de 2.A.1 Producción de cemento, 2.A.2 Producción de cal, 2.A.3 Producción de vidrio y 2.A.4.b Otros usos de la ceniza de sosa, mientras que las subcategorías 2.A.5.a Cantería y minería de minerales diferentes al carbón y 2.A.5.b Construcción y demolición se estiman únicamente carbono negro y contaminantes criterio.

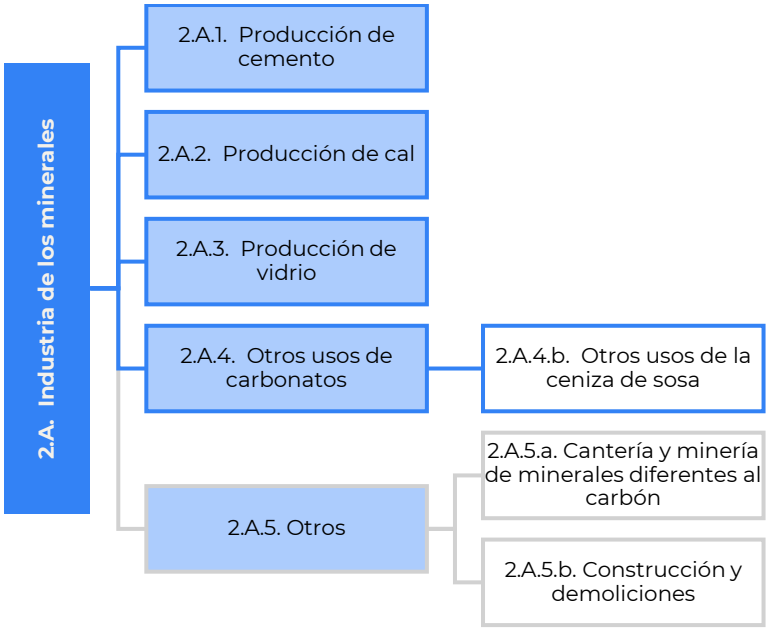


Figura 4-7. Industria de los minerales: Subcategorías estimadas en la categoría Industria de los minerales

2.A.1. Producción de cemento: La producción de cemento constituye la principal fuente de emisiones de la categoría 2.A. Durante este proceso, la caliza y otros materiales carbonatados se someten a calcinación para producir clínker, componente fundamental en la fabricación del cemento hidráulico.

El clínker es un producto intermedio que se forma durante la calcinación de materias primas calcáreas, principalmente piedra caliza ($CaCO_3$), junto con materiales ricos en sílice, alúmina y óxidos de hierro. Durante este proceso, realizado en hornos a altas temperaturas, el carbonato de calcio ($CaCO_3$) se descompone para formar óxido de calcio (CaO), liberando CO_2. De manera similar, los carbonatos de magnesio presentes en pequeñas cantidades como impurezas en la materia prima también se descomponen para formar óxido de magnesio (MgO), generando emisiones adicionales de CO_2, aunque en una proporción considerablemente menor. Posteriormente, el CaO reacciona con la sílice, la alúmina y los óxidos de hierro para formar los silicatos y otros minerales que constituyen el clínker, mientras que el MgO actúa como fundente durante el proceso cuando se encuentra en bajas concentraciones; sin embargo, contenidos elevados pueden afectar la calidad del cemento (Hanle et al., 2006a).

$$CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$$

$$MgCO_3 \rightarrow MgO + CO_2$$

En Colombia, el inventario considera únicamente las plantas que producen clínker nacional, ya que es en esta etapa donde se generan las emisiones de proceso.

2.A.2. Producción de cal: La producción de cal comprende la obtención de cal viva (CaO), cal hidratada [$Ca(OH)_2$] y dolomita elaborada (CaO·MgO) a partir de la calcinación de rocas carbonatadas, principalmente caliza y dolomita. Durante este proceso, los carbonatos se descomponen térmicamente para formar óxidos de calcio y magnesio, y CO_2 como parte de las reacciones químicas inherentes al proceso. Posteriormente, la cal viva puede someterse a un proceso de hidratación para producir cal hidratada, ampliamente utilizada en aplicaciones industriales y ambientales. La cal producida tiene múltiples usos, entre ellos la industria siderúrgica, la construcción, la fabricación de pulpa y papel, el tratamiento de aguas y efluentes, el control de pH y la estabilización de suelos (Hanle et al., 2006b). Las principales reacciones químicas asociadas al proceso de calcinación son:

$$CaCO_{3_{(s)}} + Calor \rightarrow CaO_{(s)} + CO_{2_{(g)}}$$

$$CaMg(CO_3)_{2_{(s)}} + Calor \rightarrow CaO.MgO_{(s)} + 2CO_{2_{(g)}}$$

En Colombia, la Encuesta Anual Manufacturera (EAM) del DANE permite diferenciar la producción de cal viva, cal hidratada y cal dolomítica, lo que proporciona un mayor nivel de desagregación para la estimación de las emisiones de CO_2. Esta información permite aplicar factores de emisión específicos para cada tipo de cal.

2.A.3. Producción de vidrio: La producción de vidrio comprende la fabricación de diferentes productos, entre los que se destacan los envases, el vidrio plano, la fibra de vidrio y otros vidrios especiales. En Colombia, el inventario considera las emisiones asociadas a la producción de botellas de vidrio, vidrio plano sin biselar y fibra de vidrio, que representan los principales productos reportados por la EAM del DANE.

Las emisiones de CO_2 se generan durante la fusión de materias primas carbonatadas, principalmente caliza ($CaCO_3$), dolomita [$CaMg(CO_3)_2$] y carbonato de sodio (Na_2CO_3 o ceniza de sosa), las cuales se incorporan a la mezcla para aportar óxidos de calcio, magnesio y sodio a la composición del vidrio. Aunque el proceso de fabricación no corresponde a una calcinación como ocurre en la producción de cemento o cal, la descomposición de estos carbonatos durante la fusión, a temperaturas cercanas a 1.500°C, produce el mismo efecto neto desde el punto de vista de las emisiones de CO_2 (Hanle et al., 2006b).

Durante la fabricación también se incorpora vidrio reciclado (*cullet*), proveniente tanto de los residuos generados dentro de la planta como de programas externos de recuperación y reciclaje. El uso de *cullet* reduce la cantidad de materias primas carbonatadas necesarias para la producción de vidrio y, por tanto, disminuye las emisiones de CO_2 asociadas al proceso. En consecuencia, la estimación de emisiones considera la fracción de vidrio reciclado utilizada en la mezcla, de acuerdo con la metodología propuesta por las Directrices del IPCC 2006.

2.A.4.b. Otros usos de la ceniza de sosa: Esta subcategoría comprende las emisiones derivadas del uso de carbonato de sodio (ceniza de sosa) en procesos industriales distintos a su producción. En Colombia, este compuesto se utiliza principalmente en la fabricación de vidrio, así como en la producción de jabones y detergentes, productos químicos y otras aplicaciones industriales, donde su transformación química genera emisiones de CO_2.

2.A.5.a. Cantería y minería de minerales diferentes al carbón: Esta subcategoría comprende las emisiones fugitivas de material particulado generadas durante la explotación de minerales distintos al carbón, incluyendo actividades de extracción de roca triturada, arena y grava para la producción de agregados minerales. Las emisiones se originan principalmente en operaciones mecánicas como la perforación y voladura, trituración, clasificación, transporte interno de materiales, cargue y descargue, así como por la erosión eólica de pilas de almacenamiento (Vandromme et al., 2019).

2.A.5.b. Construcción y demoliciones: Esta subcategoría incluye las emisiones fugitivas de material particulado provenientes de actividades de construcción y demolición de edificaciones e infraestructura. Las principales fuentes de emisión corresponden a la preparación del terreno, demolición, movimientos de tierra, transporte de materiales dentro de la obra, trituración de escombros, mezcla y manipulación de materiales, así como la resuspensión de polvo en vías no pavimentadas y superficies expuestas por efecto del tránsito de maquinaria y del viento (Kuenen, Coenen, et al., 2019).

La siguiente tabla resume la tendencia de las emisiones de GEI para la industria de los minerales (2.A):

Tabla 4-6. Industria de los minerales: Emisiones totales de GEI por categoría y subcategoría (kt CO_2eq)

Subcategoría	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
2.A. Industria de los minerales	**2.957,5**	**4.164,2**	**3.318,8**	**4.571,4**	**4.386,5**	**4.740,6**	**4.345,2**	**5.186,4**	**5.522,9**	**5.438,1**	**5.101,1**
2.A.1. Producción de cemento	2.739,6	3.920,4	3.056,8	4.248,9	4.071,8	4.468,6	4.051,5	4.794,5	5.167,2	4.909,2	4.625,1

Subcategoría	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
2.A.2. Producción de cal	88,3	89,1	53,9	102,7	183,3	131,0	128,7	180,0	141,9	303,8	251,2
2.A.3. Producción de vidrio	85,3	113,1	155,7	160,4	85,9	82,9	86,2	107,0	105,5	119,1	121,4
2.A.4. Otros usos industriales de los carbonatos	44,2	41,6	52,4	59,4	45,5	58,1	78,8	104,9	108,3	106,0	103,4
2.A.4.b. Otros usos de la ceniza de sosa	44,2	41,6	52,4	59,4	45,5	58,1	78,8	104,9	108,3	106,0	103,4

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la Figura 4-8 y en la Tabla 4-6 las emisiones de la categoría 2.A. Industria de los minerales presentaron una tendencia creciente durante el período 1990-2024, pasando de 2.957,5 kt CO_2eq en 1990 a 5.101,1 kt CO_2eq en 2024, lo que representa un incremento de 72,5 % respecto al año base. La evolución de la categoría reflejó principalmente el comportamiento de la producción nacional de materiales minerales, en particular del clínker utilizado para la fabricación de cemento, así como de la producción de cal, vidrio y otros usos industriales de los carbonatos.

Entre 1998 y 1999 las emisiones registraron una disminución asociada a una crisis hipotecaria. De manera similar, entre 2008 - 2009 y 2015 - 2017 se presentó una reducción, relacionada con la crisis económico-financiera de ese periodo. Posteriormente, la industria cementera mostró una recuperación gradual, que se vio nuevamente interrumpida en 2020 como consecuencia de las medidas de aislamiento implementadas durante la pandemia por COVID-19. Las emisiones alcanzaron su valor máximo en 2022, con 5.522,9 kt CO_2eq, para posteriormente disminuir a 5.438,1 kt CO_2eq en 2023 y 5.101,1 kt CO_2eq en 2024. Esta reducción estuvo asociada principalmente a la disminución de las emisiones de la categoría 2.A.1, así como a la reducción observada en la producción de cal durante el último año inventariado.

La categoría 2.A.1. Producción de cemento constituyó la principal fuente de emisiones de la industria de los minerales durante toda la serie temporal. En 2024 aportó 4.625,1 kt CO_2eq, equivalentes al 90,7 % de las emisiones de la categoría 2.A (véase la Figura 4-8) Su comportamiento siguió la evolución de la producción nacional de clínker, registrando un incremento de 68,8 % entre 1990 y 2024. Después de alcanzar su valor máximo en 2022 (5.167,2 kt CO_2eq), las emisiones disminuyeron durante 2023 y 2024, en concordancia con la reducción observada en la producción nacional de cemento.

La categoría 2.A.2. Producción de cal representó el 4,9 % de las emisiones de la categoría en 2024, con 251,2 kt CO_2eq. Aunque su contribución fue significativamente menor que la de la producción de cemento, presentó una mayor variabilidad interanual, reflejando cambios en los niveles de producción de cal viva, cal hidratada y cal dolomita. Destaca el incremento registrado en 2023 (303,8 kt CO_2eq), seguido por una reducción durante 2024.

La categoría 2.A.3. Producción de vidrio aportó 121,4 kt CO_2eq en 2024 (2,4 % del total de la categoría). A lo largo de la serie, sus emisiones presentaron un comportamiento relativamente estable, con fluctuaciones asociadas a la producción de envases de vidrio, vidrio plano y fibra de vidrio. Después de la reducción observada alrededor de 2010, las emisiones mostraron una recuperación gradual durante los últimos años.

Por su parte, la categoría 2.A.4.b. Otros usos de la ceniza de sosa registró 103,4 kt CO_2eq en 2024, correspondientes al 2,0 % de las emisiones de la categoría. Aunque su participación fue reducida, las emisiones mostraron una tendencia creciente respecto al año base, asociada al incremento en el uso de carbonato de sodio en diferentes procesos industriales, particularmente en la fabricación de vidrio y otros productos químicos.

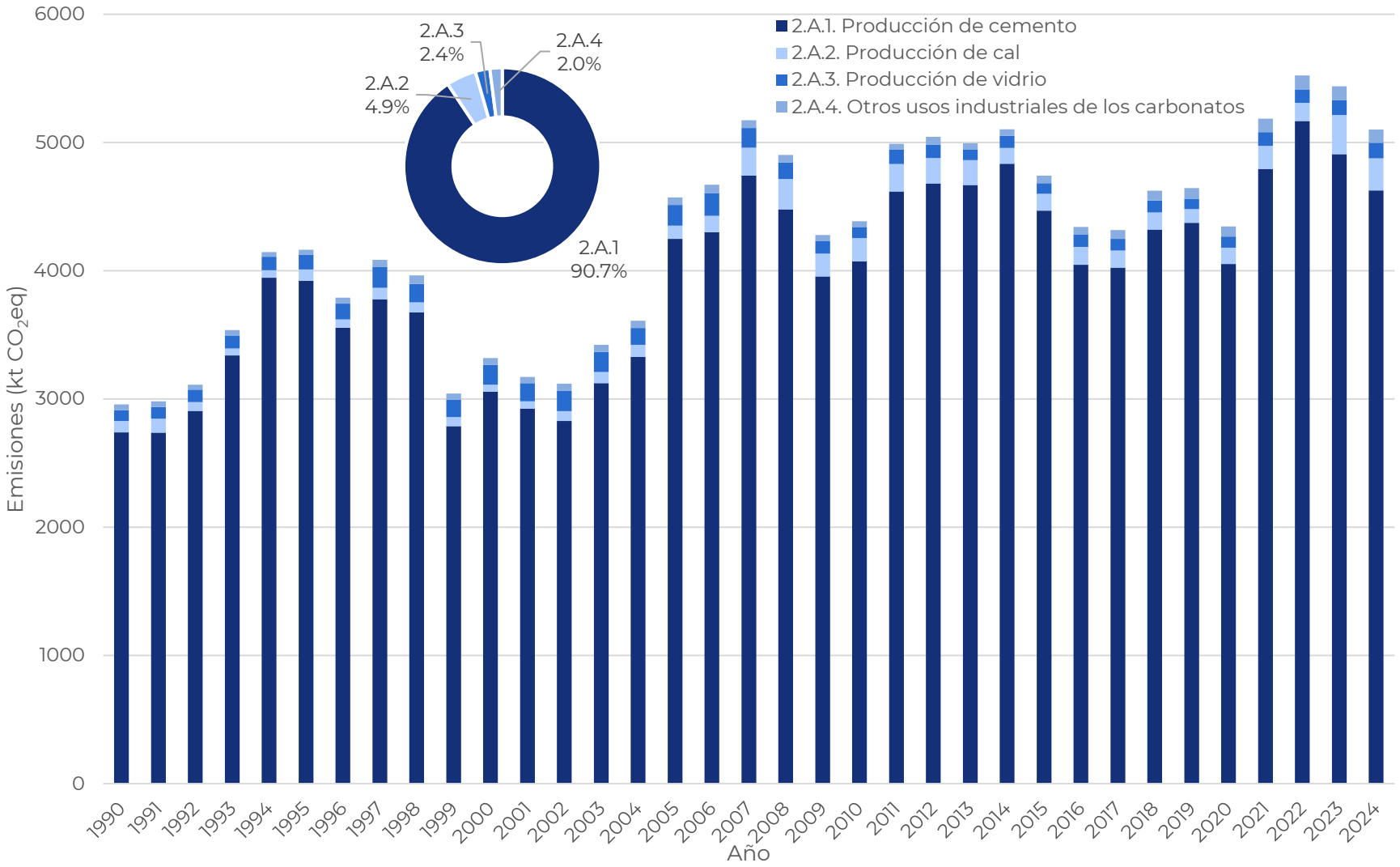


Figura 4-8. Industria de los minerales: Emisiones de GEI por fuente (kt CO_2eq), 1990-2024.

Fuente: Elaboración propia

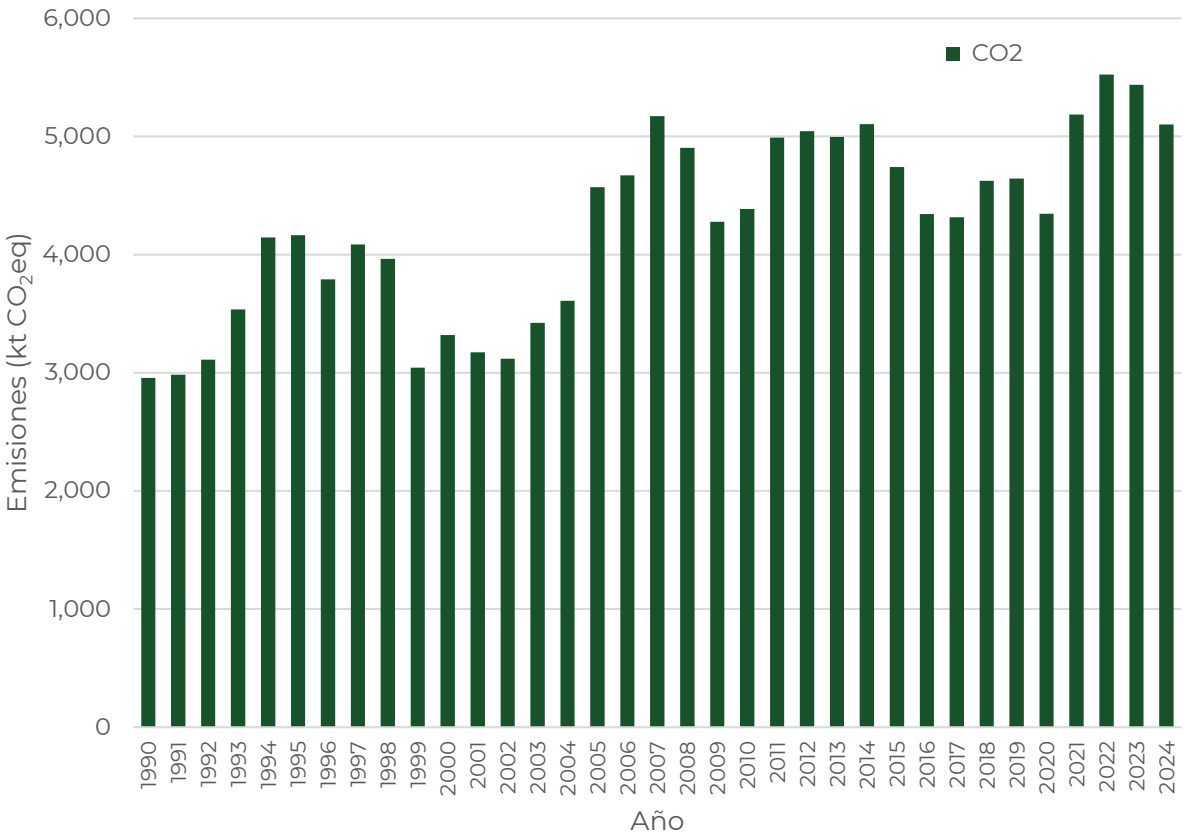


Figura 4-9. Industria de los minerales: Emisiones totales de GEI (kt CO_2eq), 1990-2024

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la Figura 4-9 y en la Tabla 4-7, las emisiones de la categoría 2.A. Industria de los minerales correspondieron exclusivamente a CO_2, por lo que este gas representó el 100 % de las emisiones estimadas durante toda la serie 1990-2024. No se estimaron emisiones de CH_4 ni de N_2O para esta categoría, de acuerdo con las Directrices del IPCC.

Tabla 4-7. Industria de los minerales: Emisiones totales de GEI (kt CO_2eq)

GEI	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
CO_2	2.957,5	4.164,2	3.318,8	4.571,4	4.386,5	4.740,6	4.345,2	5.186,4	5.522,9	5.438,1	5.101,1
CH_4	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
N_2O	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Total	**2.957,5**	**4.164,2**	**3.318,8**	**4.571,4**	**4.386,5**	**4.740,6**	**4.345,2**	**5.186,4**	**5.522,9**	**5.438,1**	**5.101,1**

En 2024, las emisiones de CO_2 alcanzaron 5.101,1 kt CO_2eq, registrando una disminución de 7,6 % respecto al máximo observado en 2022 (5.522,9 kt CO_2eq). A lo largo de la serie temporal, las emisiones presentaron una tendencia creciente, con un incremento de 72,5 % respecto a 1990, explicado principalmente por la evolución de la producción nacional de clínker para la fabricación de cemento, actividad que constituyó la principal fuente de emisiones de esta categoría. Como se describió anteriormente, la categoría 2.A.1 aportó 90,7 % de las emisiones de la industria de los minerales en 2024, seguida por las categorías 2.A.2, 2.A.3 y 2.A.4.b, cuya contribución conjunta representó menos del 10 % del total (véase la Figura 4-8).

Como se observa en la Figura 4-10 y en la Tabla 4-8, para la categoría 2.A. Industria de los minerales únicamente se estimaron emisiones de material particulado (PM_{10} y $PM_{2.5}$) y carbono negro. estimaron

Las emisiones de PM_{10} constituyeron el contaminante con mayor contribución, alcanzando 13,2 kt en 2024, seguidas por $PM_{2.5}$, con 2,5 kt, y por carbono negro, con 3,5 × 10^{-2} kt. En términos generales, los tres

contaminantes presentaron una tendencia creciente respecto al año base, aunque con fluctuaciones interanuales asociadas a la dinámica de las actividades de extracción y transformación de minerales.

Tabla 4-8. Industria de los minerales: Emisiones de carbono negro y contaminantes criterio (kt)

Precursor	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
2.A. Industria de los minerales											
CO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
NOX	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
COVDM	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
PM_{10}	6,4	8,2	8,0	10,1	12,3	15,2	10,2	14,4	14,4	14,9	13,2
$PM_{2.5}$	1,3	1,8	1,6	2,1	2,2	2,6	2,0	2,6	2,7	2,8	2,5
CN	2,0E-02	2,9E-02	2,3E-02	3,1E-02	3,1E-02	3,3E-02	3,0E-02	3,6E-02	3,8E-02	3,7E-02	3,5E-02
2.A.1. Producción de cemento											
CO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
NOX	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
COVDM	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
PM_{10}	1,2	1,7	1,3	1,9	1,8	1,9	1,8	2,1	2,3	2,1	2,0
$PM_{2.5}$	0,7	1,0	0,7	1,0	1,0	1,1	1,0	1,2	1,3	1,2	1,1
CN	2,0E-02	2,9E-02	2,2E-02	3,1E-02	3,0E-02	3,2E-02	2,9E-02	3,5E-02	3,8E-02	3,6E-02	3,4E-02
2.A.2. Producción de cal											
CO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
NOX	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
COVDM	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
PM_{10}	0,3	0,3	0,1	0,4	0,8	0,6	0,5	0,7	0,5	1,2	1,1
$PM_{2.5}$	0,1	0,1	0,0	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2
CN	2,7E-04	2,6E-04	1,1E-04	3,3E-04	7,6E-04	5,1E-04	4,6E-04	6,6E-04	4,9E-04	1,1E-03	9,8E-04
2.A.3. Producción de vidrio											
CO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
NOX	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
COVDM	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO

Precursor	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
PM_{10}	0,1	0,2	0,3	0,3	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
$PM_{2.5}$	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2
CN	7,8E-05	1,0E-04	1,5E-04	1,5E-04	8,2E-05	8,8E-05	8,5E-05	1,1E-04	1,0E-04	1,2E-04	1,2E-04
2.A.5. Otros											
CO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
NOX	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
COVDM	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
PM_{10}	4,7	6,0	6,3	7,6	9,5	12,6	7,8	11,4	11,4	11,4	9,9
$PM_{2.5}$	0,5	0,6	0,6	0,8	1,0	1,3	0,8	1,1	1,1	1,1	1,0
2.A.5.a. Cantería y minería de minerales diferentes al carbón											
CO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
NOX	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
COVDM	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
PM_{10}	2,2	2,7	2,9	3,4	4,3	3,2	2,8	3,9	3,5	3,2	3,1
$PM_{2.5}$	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3
2.A.5.b. Construcción y demoliciones											
CO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
NOX	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
COVDM	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
PM_{10}	2,6	3,3	3,4	4,1	5,2	9,3	5,0	7,5	7,9	8,2	6,8
$PM_{2.5}$	0,3	0,3	0,3	0,4	0,5	0,9	0,5	0,8	0,8	0,8	0,7

Fuente: Elaboración propia

Las emisiones de PM_{10} y $PM_{2.5}$ provinieron principalmente de la subcategoría 2.A.5. Otros, en particular de las actividades de 2.A.5.a Cantería y minería de minerales diferentes al carbón y 2.A.5.b Construcción y demoliciones, las cuales en conjunto aportaron aproximadamente el 75 % de las emisiones de PM_{10} y el 40 % de las emisiones de $PM_{2.5}$ en 2024. Por su parte, la subcategoría 2.A.1. Producción de cemento constituyó la principal fuente de emisiones de carbono negro y aportó una fracción importante del material particulado emitido por la categoría, debido a las operaciones de producción de clínker, cantería y construcción.

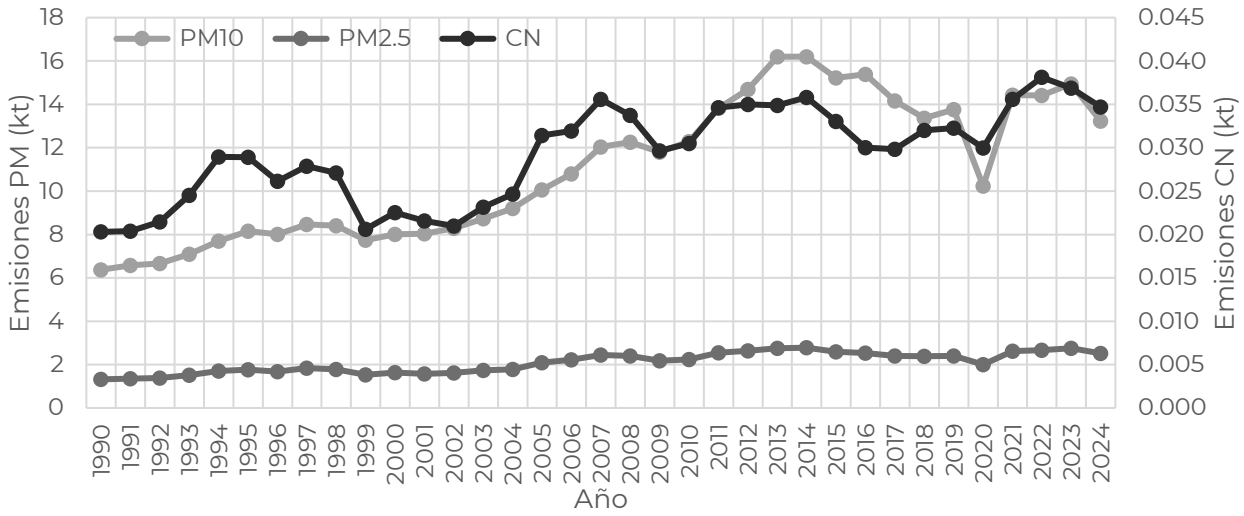


Figura 4-10. Industria de los minerales: Emisiones totales carbono negro y contaminantes criterio (kt), 1990-2024

Fuente: Elaboración propia

4.2.2 Aspectos metodológicos de la categoría

Las emisiones de la categoría 2.A. Industria de los minerales se estimaron siguiendo las metodologías establecidas en las Directrices del IPCC de 2006, V.3, Ch. 2 (Hanle et al., 2006a), mientras que la estimación de carbono negro y contaminantes criterio se realizó utilizando las metodologías y factores de emisión propuestos en la Guía EMEP/EEA (2019h).

La selección del nivel metodológico respondió a las características de cada subcategoría y a la disponibilidad de información nacional. Para la estimación de las emisiones de CO_2 se emplearon metodologías de Tier 1 para la producción de cemento y de Tier 2 para la producción de cal, vidrio y otros usos de carbonatos, lo que permitió incorporar factores de emisión específicos por tipo de producto y mejorar la representatividad de las estimaciones. En el caso de carbono negro y contaminantes criterio, las metodologías utilizadas correspondieron principalmente a Tier 1, con excepción de la producción de vidrio, para la cual se aplica una metodología de Tier 2.

Las estimaciones de GEI se fundamentaron en información de actividad relacionada con la producción de cemento, cal, vidrio y el consumo de carbonato de sodio, mientras que las estimaciones de carbono negro y contaminantes criterio consideraron adicionalmente información sobre actividades de cantería, minería de minerales diferentes al carbón y construcción y demolición, de acuerdo con el alcance metodológico de la Guía EMEP/EEA 2019. La Tabla 4-9 resume los enfoques metodológicos (Tier/Nivel), ecuaciones de cálculo y referencias empleadas para la estimación de emisiones de gases de efecto invernadero, carbono negro y contaminantes criterio en cada una de las subcategorías de la industria de los minerales.

Tabla 4-9. Industria de los minerales: Aspectos metodológicos

Subcategoría	Contaminante	Nivel (Tier)	No. Ecuación	Ecuación	Fuente
2.A.1. Producción de cemento	CO_2,	1	V. 3, Ch. 2, Ec. 2.1	$$\boldsymbol{Emisiones\ de\ CO_2} = \left[\sum_i (\boldsymbol{M_{ci} * C_{cli}}) - \boldsymbol{Im} + \boldsymbol{Ex}\right] * \boldsymbol{EF_{clc}}$$ Donde: $Emisiones\ de\ CO_2$ = Emisiones de CO_2 proveniente de la producción de cemento, toneladas M_{ci} = Masa de cemento producido de tipo i, toneladas C_{cli} = Fracción de clínker del cemento de tipo i, fracción Im = Importaciones para el consumo de clínker, toneladas Ex = Exportaciones de clínker, toneladas EF_{clc} = Factor de emisión del clínker en el cemento en particular, toneladas de CO_2/toneladas de clínker del carbono	IPCC, 2006
	CN, PM_{10}, $PM_{2.5}$	1	V. 2, Ch. 2.A.1, Ec. 1	$$\boldsymbol{E_{contaminante}} = \boldsymbol{AR_{Producción}} \times \boldsymbol{EF_{Contaminante}}$$ $E_{contaminante}$ = emisión anual del contaminante. $EF_{contaminante}$ = factor de emisión del contaminante. $AR_{producción}$ = producción anual de cemento	EMEP/EEA, 2019
2.A.2. Producción de cal	CO_2,	2	V. 3, Ch. 2, Ec. 2.6	$$\boldsymbol{Emisiones\ de\ CO_2} = \sum_i (\boldsymbol{EF_{cal,i} * M_{l,i}})$$ Donde: $Emisiones\ de\ CO_2$ = Emisiones de CO_2 proveniente de la producción de cal, toneladas $EF_{cal,i}$ = Factor de emisión por tipo de cal $M_{l,i}$ = Producción de cal de tipo i, toneladas Aunque la metodología de Nivel 2 incorpora un factor corrector por polvo de horno de cal y otro para la producción de cal hidratada, estos no se aplicaron. En el primer caso, no se dispone de información nacional sobre la generación y recuperación de polvo de horno de cal (LKD), por lo que se asumió un factor de corrección igual a 1. En el segundo caso, la información de actividad corresponde a la producción comercial de los diferentes tipos de cal, por lo que la diferenciación entre cal viva y cal hidratada ya se encuentra incorporada en los datos de actividad y no requiere una corrección adicional.	IPCC, 2006
	CN, PM_{10}, $PM_{2.5}$	1	V. 2, Ch. 2.A.2, Ec. 1	$$\boldsymbol{E_{contaminante}} = \boldsymbol{AR_{Producción}} \times \boldsymbol{EF_{Contaminante}}$$ $E_{contaminante}$ = emisión anual del contaminante. $EF_{contaminante}$ = factor de emisión del contaminante. $AR_{producción}$ = tasa de actividad correspondiente a la producción de cal.	EMEP/EEA, 2019
2.A.3. Producción de vidrio	CO_2,	2	V. 3, Ch. 2, Ec. 2.11	$$\boldsymbol{Emisiones\ de\ CO_2} = \sum_i [\boldsymbol{M_{g,i} * EF_i * (1 - CR_i)}]$$ Donde: $Emisiones\ de\ CO_2$ = Emisiones de CO_2 proveniente de la producción vidrio, toneladas $M_{g,i}$ = Masa de vidrio fundido de tipo i (p. ej., flotado, recipiente, fibra de vidrio, etc.), toneladas EF_i = Factor de emisión para la fabricación de vidrio del tipo i, toneladas de CO_2/toneladas de vidrio CR_i = Proporción de cullet para la fabricación de vidrio del tipo i, fracción	IPCC, 2006
	CN, PM_{10}, $PM_{2.5}$	2	V. 2, Ch. 2.A.3, Ec. 2	$$\boldsymbol{E_{contaminante}} = \sum_{ircnologías} [\boldsymbol{AR_{producción,teconología} * EF_{tecnología,contaminante}}]$$ Donde: $AR_{producción,\ tecnología}$= tasa de producción dentro de la categoría fuente, utilizando esta tecnología específica. $EF_{tecnología,\ contaminante}$= factor de emisión correspondiente a esta tecnología y a este contaminante.	EMEP/EEA, 2019
2.A.4. Otros usos de carbonatos en los procesos	CO_2,	2	V. 3, Ch. 2, Ec. 2.15	$$\boldsymbol{Emisiones\ de\ CO_2} = \boldsymbol{M_C * EF}$$ Donde: $Emisiones\ de\ CO_2$ = Emisiones de CO_2 proveniente otros usos de carbonatos en los procesos, toneladas M_C = Masa de carbonato consumido, toneladas EF = Factor de emisión, toneladas de CO_2/toneladas de carbonato	IPCC, 2006

Subcategoría	Contaminante	Nivel (Tier)	No. Ecuación	Ecuación	Fuente
2.A.5.a. Cantería y minería de minerales diferentes al carbón	PM_{10}, $PM_{2.5}$	1	V. 2, Ch. 2.A.5.a, Ec. 1	$E_{contaminante} = AR_{Producción} \times EF_{Contaminante}$ $E_{contaminante}$ = emisión anual del contaminante. $EF_{contaminante}$ = factor de emisión del contaminante. $AR_{producción}$ = tasa de actividad correspondiente a la explotación en canteras o minería.	EMEP/EEA, 2019
2.A.5.b. Construcción y demoliciones	PM_{10}, $PM_{2.5}$	1	V. 2, Ch. 2.A.5.b, Ec. 1	$EM_{PM10}=EF_{PM10}\times A_{afectada}$ Donde: $EM_{PM_{10}}$= emisiones de PM_{10} $[kg\ PM_{10}]$. $EF_{PM_{10}}$= factor de emisión de PM_{10} $[kg\ PM_{10}/m^2 \cdot año]$. $A_{afectada}$= área afectada por la actividad de construcción $[m^2]$.	EMEP/EEA, 2019

Fuente: Elaboración propia

4.2.2.1 Datos de actividad de la categoría

2.A.1. Producción de cemento: La estimación de las emisiones de la subcategoría 2.A.1. Producción de cemento se basó en la información de producción de cemento gris reportada por el DANE. Para el periodo 1990-2009, la información se obtuvo del Instituto Colombiano de Productores de Cemento (ICPC), posteriormente integrada por el DANE dentro de la operación estadística Estadísticas de Cemento Gris (ECG) (2026b), garantizando la continuidad de la serie histórica. A partir de 2010, los datos correspondieron directamente a la operación estadística ECG, la cual recopila de manera censal la información reportada por las empresas cementeras del país. Adicionalmente, PROCEMCO (Cámara Colombiana del Cemento y el Concreto) suministró la información sobre las importaciones de clínker, utilizada para complementar el procesamiento del dato de actividad.

Dado que las emisiones de proceso se generan durante la producción de clínker y no durante la molienda final del cemento, la producción de cemento gris se transformó en producción equivalente de clínker mediante la aplicación de la fracción de clínker en cemento, correspondiente al 80 % para el periodo 1990-2014 y al 70 % a partir de 2015, valores suministrados por PROCEMCO (véase la Tabla 4-12). Posteriormente, a la producción estimada de clínker se descontaron las cantidades de clínker importado, obteniendo como resultado la producción anual de clínker nacional, que constituyó el dato de actividad (véase la Tabla 4-11). Como mejora metodológica incorporada en el presente BTR, se actualizaron los datos de importación de clínker con información suministrada por PROCEMCO para toda la serie temporal.

Asimismo, en atención a las observaciones formuladas durante la revisión técnica del BTR1 (TERT), se analizaron los datos de importación y exportación de clínker reportados en la base de datos UN Comtrade, contrastándolos con la información disponible por PROCEMCO. Como resultado de este ejercicio, se identificaron inconsistencias en las cifras de exportación, las cuales no pudieron ser validadas con la información del sector. En consecuencia, se acordó con PROCEMCO fortalecer la consolidación y validación de estos datos para su incorporación en futuros inventarios, una vez se disponga de información nacional suficientemente robusta.

Tabla 4-10. Industria de los minerales: Fuente de información de datos de actividad para 2.A.1.

Dato de actividad	Periodo	Fuente	Observación
2.A.1. Producción de cemento			
Producción de cemento gris	1990-2009	DANE - Instituto Colombiano de Productores de Cemento (ICPC) - Estadísticas de cemento gris (ECG)	El ICPC fue cerrado en 2010, razón por la cual la ECG del DANE reemplazó la información generada por dicha entidad.
	2010-2024	DANE - Estadísticas de cemento gris (ECG)	Operación estadística certificada.
Cantidad de clínker importado	1990-2024	PROCEMCO (Cámara Colombiana del Cemento y el Concreto)	De acuerdo con esta fuente de información, para el periodo de 1990 a 2012 no se realizaron importaciones de clínker. Se actualizaron los datos a partir de información proporcionada por PROCEMCO.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4-11. Industria de los minerales: datos de actividad para la subcategoría 2.A.1. Producción de cemento

Año	Producción de cemento gris (t)	Producción de clínker nacional (t)	Cantidad de clínker importado (t)	Año	Producción de cemento gris (t)	Producción de clínker nacional (t)	Cantidad de clínker importado (t)
1990	6.395.073,0	5.116.058,4	NO	2008	10.455.662,0	8.364.529,6	NO
1991	6.389.450,0	5.111.560,0	NO	2009	9.231.627,0	7.385.301,6	NO
1992	6.786.181,0	5.428.944,8	NO	2010	9.504.777,5	7.603.822,0	NO
1993	7.794.882,0	6.235.905,6	NO	2011	10.778.537,6	8.622.830,1	NO
1994	9.208.220,0	7.366.576,0	NO	2012	10.924.786,0	8.739.828,8	NO
1995	9.151.272,0	7.321.017,6	NO	2013	11.251.933,0	8.718.256,4	283.290,0
1996	8.299.291,0	6.639.432,8	NO	2014	12.402.371,2	9.028.896,9	893.000,0
1997	8.817.327,5	7.053.862,0	NO	2015	13.046.717,0	8.321.481,9	811.220,0
1998	8.577.092,4	6.861.674,0	NO	2016	12.495.402,0	7.535.551,4	1.211.230,0
1999	6.507.906,3	5.206.325,0	NO	2017	12.298.843,0	7.492.930,1	1.116.260,0
2000	7.135.327,0	5.708.261,6	NO	2018	12.459.874,2	8.045.941,9	675.970,0
2001	6.830.422,7	5.464.338,1	NO	2019	13.012.792,2	8.143.894,6	965.060,0
2002	6.603.895,3	5.283.116,2	NO	2020	11.848.568,2	7.544.747,7	749.250,0
2003	7.290.485,0	5.832.388,0	NO	2021	13.797.103,8	8.928.222,7	729.750,0
2004	7.768.084,8	6.214.467,8	NO	2022	14.611.413,9	9.622.419,8	605.570,0
2005	9.918.082,7	7.934.466,2	NO	2023	14.210.890,1	9.141.873,1	805.750,0
2006	10.038.131,1	8.030.504,9	NO	2024	13.562.704,5	8.612.883,2	881.010,0
2007	11.067.760,0	8.854.208,0	NO				

Fuente: Elaboración propia con datos de DANE y PROCEMCO

La producción anual de clínker nacional constituyó el dato de actividad utilizado en la estimación de las emisiones de CO_2. Posteriormente, este valor se combinó con el factor de emisión del clínker y con el factor de corrección por recirculación del polvo del horno (CKD), conforme a la metodología establecida en las Directrices del IPCC 2006.

Tabla 4-12. Industria de los minerales: Factores utilizados para la estimación de 2.A.1.

Factor	Valor	Unidad	Fuente	Periodo
Fracción de Clinker en cemento	80,0	%	PROCEMCO	1990 – 2014
	70,0	%		2015 - 2024

Fuente: Elaboración propia con datos de PROCEMCO

2.A.2. Producción de cal: Los datos de actividad para esta subcategoría se obtuvieron del Anexo 6.2 de la Encuesta Anual Manufacturera (EAM) del DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), 2025d), el cual reporta de manera diferenciada la producción nacional de cal viva, cal hidratada y cal dolomita (véase la Tabla 4-13). Esta desagregación permitió aplicar factores de emisión específicos para cada tipo de cal, en concordancia con la metodología de Nivel 2 de las Directrices del IPCC.

La producción de cal viva y cal hidratada es reportada directamente en toneladas, por lo que no se requirió procesamiento adicional para su utilización en el inventario. En el caso de la cal dolomita, la información suministrada por la EAM se encontraba en kilogramos, por lo que fue convertida a toneladas antes de su incorporación como dato de actividad para la estimación de las emisiones.

La siguiente tabla resume las fuentes de información de los datos de actividad para 2.A.2 por tipo de cal:

Tabla 4-13. Industria de los minerales: Fuente de información de datos de actividad para 2.A.2.

Dato de actividad	Periodo	Fuente	Observación
2.A.2. Producción de cal			
Producción de cal viva	1990-1991	Técnica de empalme	Interpolación lineal con datos 1992 y 1993
	1992 - 2024	DANE – Encuesta anual manufacturera (EAM)	Anexo 6.2 La EAM inició en 1992.
Producción de cal dolomita	1990-1991	Técnica de empalme	Interpolación lineal con datos 1992 y 1993
	1992 - 2024	DANE – Encuesta anual manufacturera (EAM)	Anexo 6.2 La EAM inició en 1992. Se realizó la conversión de la unidad original del dato de actividad (kg) a tonelada
Producción de cal hidratada	1990-1991	Técnica de empalme	Interpolación lineal con datos 1992 y 1993
	1992 - 2024	DANE – Encuesta anual manufacturera (EAM)	Anexo 6.2 La EAM inició en 1992.

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presentan los datos de actividad empleados para 2.A.2:

Tabla 4-14. Industria de los minerales: datos de actividad para la subcategoría 2.A.2. Producción de cal

Año	Dolomita elaborada (t)	Cal hidratada (t)	Cal viva (t)	Año	Dolomita elaborada (t)	Cal hidratada (t)	Cal viva (t)
1990	6.969,7	43.232,0	76.961,2	2008	52.233,8	3.620,0	258.526,0
1991	8.845,1	44.200,0	102.827,8	2009	39.088,4	7.752,0	191.169,0
1992	14.851,6	43.716,0	42.390,0	2010	44.430,3	8.564,0	192.782,0
1993	1.868,3	44.200,0	36.735,0	2011	52.428,9	9.596,0	226.186,0
1994	7.521,9	48.145,0	33.981,0	2012	63.415,4	14.479,0	189.209,0
1995	18.337,1	48.282,0	62.212,0	2013	52.689,5	15.038,0	193.468,0
1996	6.318,5	55.439,0	37.611,0	2014	58.126,1	10.932,0	94.224,0
1997	28.188,4	70.162,0	36.046,0	2015	68.551,8	17.332,0	90.652,0
1998	26.728,2	57.820,0	33.725,0	2016	81.622,0	28.595,0	79.324,0
1999	15.917,8	48.544,0	40.790,0	2017	80.402,3	16.906,0	83.033,0
2000	2.893,8	47.254,0	31.925,0	2018	87.456,4	19.386,0	73.848,0
2001	13.054,6	45.878,0	25.817,0	2019	83.825,0	4.854,0	52.694,0
2002	19.003,7	41.974,0	47.542,0	2020	86.816,8	31.818,0	57.125,0
2003	19.491,9	42.459,0	63.422,0	2021	113.644,3	39.444,0	91.980,0
2004	23.105,9	33.803,0	75.127,0	2022	110.622,0	43.418,0	40.819,0
2005	27.813,5	42.102,0	75.529,0	2023	112.966,4	70.544,0	234.113,0
2006	42.282,1	34.752,0	101.201,0	2024	112.966,4	35.441,0	191.287,0
2007	46.655,3	2.613,0	241.693,0				

Fuente: Elaboración propia con datos de DANE

2.A.3. Producción de vidrio: Los datos de actividad se obtuvieron del Anexo 6.2 de la EAM del DANE (2025d), la cual reportó información desagregada sobre la producción de vidrio plano sin biselar ni azogar, botellas de vidrio para bebidas no alcohólicas, botellas de vidrio de menos de un litro de capacidad, botellas de vidrio de un litro o más de capacidad y fibra de vidrio (véase la Tabla 4-15). Debido a que la EAM inició en 1992, los datos correspondientes a 1990 y 1991 fueron estimados mediante una técnica de empalme para mantener la consistencia de la serie histórica.

Tabla 4-15. Industria de los minerales: Fuente de información de datos de actividad para 2.A.3.

Dato de actividad	Periodo	Fuente	Observación
2.A.3. Producción de vidrio			
Cantidad producida anual de botellas de menos de un litro de capacidad	1990-1991	Técnica de empalme	Interpolación lineal con datos 1992 y 1993
	1992 - 2024	DANE – Encuesta anual manufacturera (EAM)	Anexo 6.2 La EAM inició en 1992. El dato de actividad original fue proporcionado en mi y es convertido a t a través de supuestos de peso de las botellas (Tabla 4-16)
Cantidad producida anual de botellas de un litro y más capacidad	1990-1991	Técnica de empalme	Interpolación lineal con datos 1992 y 1993
	1992 - 2024	DANE – Encuesta anual manufacturera (EAM)	Anexo 6.2 La EAM inició en 1992. El dato de actividad original fue proporcionado en mi y es convertido a t a través de supuestos de peso de las botellas (Tabla 4-16)
Cantidad producida anual de botellas de vidrio para bebidas no alcohólicas	1990-1991	Técnica de empalme	Interpolación lineal con datos 1992 y 1993
	2010	Técnica de empalme	El dato de la EAM fue ajustado por tendencia utilizando interpolación lineal con datos de 2009 y 2011
	1992 - 2024	DANE – Encuesta anual manufacturera (EAM)	Anexo 6.2 La EAM inició en 1992. El dato de actividad original fue proporcionado en mi y es convertido a t a través de supuestos de peso de las botellas (Tabla 4-16)
Cantidad producida anual de fibra de vidrio	1990-1991	Técnica de empalme	Interpolación lineal con datos 1992 y 1993
	1992 - 2024	DANE – Encuesta anual manufacturera (EAM)	Anexo 6.2 La EAM inició en 1992. Se realizó la conversión de la unidad original del dato de actividad (kg) a tonelada
Cantidad producida anual de vidrio plano sin biselar ni azogar	1990-1991	Técnica de empalme	Interpolación lineal con datos 1992 y 1993
	1992 - 2024	DANE – Encuesta anual manufacturera (EAM)	Anexo 6.2 La EAM inició en 1992 El dato de actividad original fue proporcionado en m^2 y es convertido a t a través de supuestos de densidad y de espesor (Tabla 4-16)

Fuente: Elaboración propia

Con el fin de obtener un dato de actividad homogéneo en toneladas, fue necesario realizar un procesamiento específico para cada tipo de producto. En el caso del vidrio plano sin biselar ni azogar, la producción reportada por la EAM en metros cuadrados (m^2) se convirtió a masa utilizando una densidad de 2.500 kg/m^3 y un espesor de 0,004 m (Tabla 4-16), obteniendo posteriormente el resultado en toneladas. Para las botellas de vidrio, la producción reportada en miles de unidades (mil envases) se transformó a masa mediante la aplicación de pesos promedio específicos para cada tipo de envase (botellas para bebidas no alcohólicas, menores de un litro y de un litro o más) (Tabla 4-16); posteriormente, las tres estimaciones se consolidaron para obtener la producción total de botellas en toneladas. Finalmente, la producción de fibra de vidrio, reportada originalmente en kilogramos, fue convertida directamente a toneladas. La tabla a continuación resume los supuestos empleados:

Tabla 4-16. Industria de los minerales: Supuestos utilizados para la estimación de 2.A.3.

Tipo de material	Supuesto	Valor	Fuente
Vidrio plano	Densidad (kg/m^3)	2.500	Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) & Sierra (2016) - Guía para la estimación de la Cuenta de emisiones al aire por procesos de producción y utilización de materiales
	Espesor (m)	0,004	
Botellas (Bebidas no alcohólicas)	Peso (kg/envase)	0,89	
Botellas (< 1L de capacidad)	Peso (kg/envase)	0,24	
Botellas (≥ 1L de capacidad)	Peso (kg/envase)	0,77	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4-17. Industria de los minerales: Factores utilizados para la estimación de 2.A.3.

Factor	Valor	Unidad	Fuente	Periodo
Factor cullet – Vidrio plano	0	t recirculado/t producido	DANE, (2016) Guía para la estimación de la Cuenta de emisiones, Tabla 12	1990 - 2024
Factor cullet – Botellas	0,38	t recirculado/t producido	DANE, (2016) Guía para la estimación de la Cuenta de emisiones, Tabla 12	1990 - 2024
Factor cullet – Fibra de vidrio	0,3	t recirculado/t producido	IPCC, 2006, V. 3, Ch. 2, Cuadro 2.6	1990 - 2024

Fuente: Elaboración propia con datos de DANE e IPCC

Adicionalmente, para la estimación de emisiones de CO_2 se incorporaron factores de cullet (Tabla 4-17) diferenciados por tipo de producto, los cuales representaron la proporción de vidrio reciclado utilizado en la fabricación. Estos factores se aplicaron en la ecuación de cálculo para descontar la fracción de material reciclado que no genera emisiones de proceso asociadas a la descomposición de carbonatos.

Tabla 4-18. Industria de los minerales: datos de actividad para la subcategoría 2.A.3. Producción de vidrio

Año	Vidrio plano sin biselar ni azogar (t)	Botellas (t)	Fibra de vidrio (t)	Año	Vidrio plano sin biselar ni azogar (t)	Botellas (t)	Fibra de vidrio (t)
1990	86.234,7	514.100,0	1.489,5	2008	79.032,6	858.681,2	1.246,6
1991	97.713,6	536.544,9	1.954,7	2009	62.139,5	651.473,8	1.206,4
1992	109.192,4	558.989,8	703,9	2010	57.303,1	565.685,7	1.252,0
1993	120.671,2	581.434,7	1.809,8	2011	65.730,8	746.398,3	1.313,5
1994	118.043,3	615.280,7	1.664,9	2012	38.700,0	735.981,3	1.128,5
1995	120.732,0	673.069,3	860,0	2013	1.845,9	611.670,1	1.087,5
1996	117.660,5	754.186,4	788,3	2014	2.703,9	726.306,7	1.033,4
1997	123.366,1	1.038.572,6	974,2	2015	678,3	633.798,1	1.316,0
1998	95.392,5	934.785,1	1.013,6	2016	73,5	727.484,3	1.352,1
1999	96.715,0	876.649,7	974,3	2017	7.359,5	676.915,9	1.256,8
2000	108.674,9	1.018.872,2	1.073,3	2018	14.645,4	683.079,0	1.145,4
2001	129.440,6	869.175,1	1.242,5	2019	21.931,4	585.507,0	1.179,0
2002	120.162,2	1.016.861,4	1.182,4	2020	45.864,0	586.124,7	1.307,3
2003	129.866,7	995.589,3	1.160,6	2021	41.920,3	752.750,9	1.313,2
2004	137.468,3	781.969,5	1.281,7	2022	50.426,0	726.439,6	1.618,2
2005	136.460,1	1.010.092,6	1.518,1	2023	46.306,9	838.534,2	1.377,8
2006	140.157,8	1.128.071,0	1.511,8	2024	37.139,9	870.716,9	1.280,1
2007	113.759,2	987.296,9	1.321,8				

Fuente: Elaboración propia con datos de DANE

2.A.4. Otros usos de carbonatos en los procesos: Los datos de actividad para la subcategoría 2.A.4.b. Otros usos de la ceniza de sosa se obtuvieron del Anexo 6.1 de la EAM del DANE (Departamento Administrativo

Nacional de Estadística (DANE), 2025d), el cual reporta el consumo nacional de carbonato de sodio (ceniza de sosa) utilizado en procesos industriales (véase la Tabla 4-19). Debido a que la EAM inició en 1992, los datos correspondientes a 1990 y 1991 fueron estimados mediante una técnica de empalme para mantener la consistencia de la serie histórica.

El procesamiento del dato de actividad consistió únicamente en la conversión de la unidad original de reporte, expresada en kilogramos, a toneladas, obteniendo así la cantidad anual de carbonato de sodio consumido utilizada en la estimación de las emisiones de esta subcategoría (véase la Tabla 4-20).

Tabla 4-19. Industria de los minerales: Fuente de información de datos de actividad para 2.A.4.

Dato de actividad	Periodo	Fuente	Observación
2.A.4. Otros usos de carbonatos en los procesos			
Consumo de carbonato de sodio	1990-1991	Técnica de empalme	Interpolación lineal con datos 1992 y 1993
	1992 - 2024	DANE – Encuesta anual manufacturera (EAM)	Anexo 6.1 La EAM inició en 1992. Se realizó conversión de la unidad original del dato de actividad (kg) a tonelada.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4-20. Industria de los minerales: datos de actividad para la subcategoría 2.A.4. Otros usos de carbonatos en los procesos

Año	Cantidad consumida carbonato de sodio (t)	Año	Cantidad consumida carbonato de sodio (t)	Año	Cantidad consumida carbonato de sodio (t)
1990	106.632,5	2002	136.442,2	2014	122.365,6
1991	108.255,0	2003	133.139,3	2015	139.923,8
1992	93.925,9	2004	138.116,4	2016	147.958,4
1993	98.633,5	2005	143.111,2	2017	166.365,8
1994	84.564,2	2006	154.942,7	2018	186.995,0
1995	100.200,7	2007	146.883,9	2019	199.663,5
1996	111.431,1	2008	143.764,9	2020	189.829,1
1997	134.841,6	2009	115.635,7	2021	252.881,6
1998	163.405,6	2010	109.589,8	2022	261.114,0
1999	117.895,6	2011	113.022,9	2023	255.437,1
2000	126.392,6	2012	146.548,2	2024	249.134,2
2001	118.913,0	2013	124.992,4		

Fuente: Elaboración propia con datos de DANE

2.A.5.a. Cantería y minería de minerales diferentes al carbón: Los datos de actividad provienen de la Cuenta Satélite de Minería (CSM) del DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), 2024). En particular, se emplean los datos de producción de roca o piedra caliza en bruto (para construcción), arenas y gravas silíceas, arcilla común (cerámicas, ferruginosas y misceláneas) y piedra pómez, y arenas, gravas y cantos rodados, caolín y arcillas industriales, obtenidos de los cuadros 16, 11 y 13 de la CSM, respectivamente (véase la Tabla 4-21). Debido a que la información de la CSM inicia en 2015 para los dos primeros grupos de materiales y en 2017 para la producción de roca o piedra caliza en bruto, los años anteriores fueron estimados mediante una técnica de empalme, mientras que para 2023 y 2024 se empleó el promedio de los tres últimos años de información disponible.

El procesamiento del dato de actividad consistió en convertir la producción de arenas y gravas silíceas, arcilla común (cerámicas, ferruginosas y misceláneas) y piedra pómez, reportada originalmente en kilogramos, a toneladas. Posteriormente, esta producción se sumó a las cantidades de roca o piedra caliza en bruto (para construcción) y de arenas, gravas y cantos rodados, caolín y arcillas industriales, las cuales son reportadas directamente en toneladas, obteniendo así la cantidad anual total de materiales extraídos. La siguiente tabla presenta las fuentes de información para la subcategoría 2.A.5.

Tabla 4-21. Industria de los minerales: Fuente de información de datos de actividad para 2.A.5.

Dato de actividad	Periodo	Fuente	Observación
2.A.5.a. Cantería y minería de minerales diferentes al carbón			
Producción de Arenas y gravas silíceas, arcilla común (cerámicas, ferruginosas y misceláneas) y piedra pómez	1990-2014	Técnica de empalme	Proyectado a partir de variación anual de PIB - Banco Mundial (Datos sustitutos)
	2015-2022	DANE – Cuenta satélite de minería (CSM)	Se realizó la conversión de la unidad original del dato de actividad (kg) a tonelada
	2023-2024	Técnica de empalme	Promedio de los últimos 3 años
Producción de Arenas, gravas y cantos rodados, caolín y arcillas industriales	1990-2014	Técnica de empalme	Proyectado a partir de variación anual de PIB - Banco Mundial (Datos sustitutos)
	2015-2022	DANE – Cuenta satélite de minería (CSM)	
	2023-2024	Técnica de empalme	Promedio de los últimos 3 años
Producción de Roca o piedra caliza en bruto (para construcción)	1990-2010	Técnica de empalme	Proyectado a partir de variación anual de PIB - Banco Mundial (Datos sustitutos)
	2011 - 2022	DANE – Cuenta satélite de minería (CSM)	
	2023-2024	Técnica de empalme	Promedio de los últimos 3 años
2.A.5.b. Construcción y demoliciones			
Área construida	1990-2009	Técnica de empalme	Proyectado a partir de variación anual de PIB - Banco Mundial (Datos sustitutos)
	2010- 2024	DANE – Censo de edificaciones (CEED)	Dato que se encuentra disponible trimestralmente y es agregado para obtener el área construida anual.
Área en proceso	2010 - 2024	DANE – Censo de edificaciones (CEED)	Dato requerido para conocer la participación por tipo de edificación (apartamentos, casas y no residencial). Es usado para construir el factor variable que permitió establecer la cantidad de m^2 asociados a cada tipo de edificación.

Tabla 4-22. Industria de los minerales: datos de actividad para la subcategoría 2.A.5.a. Cantería y minería de minerales diferentes al carbón

Año	Cantidad extraída de roca, arena, grava (t)	Año	Cantidad extraída de roca, arena, grava (t)	Año	Cantidad extraída de roca, arena, grava (t)
1990	43.076.595,0	2002	59.463.109,8	2014	104.273.717,4
1991	43.956.430,3	2003	61.888.052,0	2015	64.373.316,7
1992	45.809.387,7	2004	65.374.487,8	2016	66.873.457,7
1993	48.416.832,6	2005	68.691.433,0	2017	67.914.193,6
1994	51.405.912,6	2006	73.637.572,1	2018	72.045.631,5
1995	54.227.040,5	2007	78.957.909,7	2019	74.659.377,9
1996	55.365.270,0	2008	81.638.464,8	2020	55.690.816,9
1997	57.331.923,4	2009	82.579.581,9	2021	77.798.703,9
1998	57.660.463,5	2010	86.465.930,6	2022	70.740.450,0
1999	55.334.205,1	2011	91.471.000,4	2023	64.033.881,7
2000	57.001.417,6	2012	95.410.489,1	2024	62.824.417,3
2001	57.974.165,2	2013	99.928.075,3		

Fuente: Elaboración propia con datos de DANE

2.A.5.b. Construcción y demoliciones: Los datos de actividad se obtuvieron del Censo de Edificaciones (CEED) del DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), 2026a), el cual reportó trimestralmente el área construida y el área en proceso de las edificaciones. Debido a que la información del CEED inició en 2010, los datos correspondientes al periodo 1990-2009 fueron estimados mediante una técnica de empalme (Datos sustitutos) para mantener la consistencia de la serie histórica.

El CEED reportó el área construida como un valor total en el insumo Estructura general del Censo de edificaciones, según áreas urbanas y metropolitanas. Serie 23 áreas (91 municipios), sin indicar cuánto corresponde a apartamentos, casas o edificaciones no residenciales. Sin embargo, esta desagregación sí estuvo disponible para el área en proceso. Por ello, se calculó la distribución porcentual del área en proceso (véase Tabla 4-23) como un factor de reparto para desagregar el área construida total en los tres tipos de edificaciones por cada trimestre, a partir de la información del Anexo c. C 1.1 Área en estado proceso nueva por destinos, según áreas de cobertura. De esta forma, fue posible estimar el área construida anual de apartamentos, casas y edificaciones no residenciales que se presenta en la Tabla 4-24.

Las estimaciones trimestrales se agregaron para obtener el área construida anual de apartamentos, casas y edificaciones no residenciales como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 4-23. Industria de los minerales: Factores utilizados para la estimación de 2.A.5.b

Año	Trimestre I			Trimestre II			Trimestre III			Trimestre IV		
	A	C	NR	A	C	NR	A	C	NR	A	C	NR
1990-2009	48,3 %	22,9 %	28,7 %	49,2 %	25,2 %	25,6 %	60,7 %	20,9 %	18,5 %	56,8 %	16,5 %	26,7 %
2010	48,3 %	22,9 %	28,7 %	49,2 %	25,2 %	25,6 %	60,7 %	20,9 %	18,5 %	56,8 %	16,5 %	26,7 %
2011	52,6 %	22,2 %	25,2 %	61,4 %	19,4 %	19,2 %	58,5 %	16,8 %	24,7 %	59,8 %	14,0 %	26,2 %
2012	63,6 %	14,3 %	22,1 %	59,5 %	15,8 %	24,7 %	57,2 %	17,3 %	25,5 %	56,0 %	12,9 %	31,1 %
2013	61,2 %	15,6 %	23,2 %	58,5 %	18,8 %	22,7 %	60,1 %	17,3 %	22,6 %	58,0 %	17,3 %	24,6 %
2014	58,0 %	17,3 %	24,6 %	51,6 %	14,5 %	33,9 %	60,5 %	14,6 %	24,8 %	57,7 %	16,6 %	25,7 %
2015	60,2 %	14,1 %	25,8 %	54,2 %	16,2 %	29,5 %	54,1 %	16,3 %	29,6 %	60,1 %	14,4 %	25,5 %
2016	60,6 %	15,6 %	23,8 %	56,2 %	13,5 %	30,3 %	61,1 %	14,0 %	24,9 %	53,1 %	12,9 %	34,0 %
2017	64,9 %	12,5 %	22,6 %	62,7 %	13,7 %	23,6 %	61,4 %	16,7 %	21,8 %	56,9 %	12,5 %	30,6 %
2018	63,0 %	11,8 %	25,2 %	60,9 %	14,2 %	24,9 %	65,0 %	11,6 %	23,4 %	68,7 %	11,2 %	20,0 %
2019	59,9 %	11,7 %	28,5 %	62,0 %	14,3 %	23,7 %	63,6 %	12,3 %	24,1 %	57,8 %	12,2 %	30,0 %
2020	64,3 %	10,0 %	25,7 %	66,2 %	13,6 %	20,2 %	65,0 %	15,2 %	19,8 %	65,7 %	17,8 %	16,6 %
2021	64,8 %	15,1 %	20,1 %	66,3 %	14,6 %	19,2 %	65,8 %	14,6 %	19,5 %	63,6 %	14,6 %	21,7 %
2022	68,9 %	13,6 %	17,5 %	63,3 %	16,4 %	20,3 %	66,9 %	13,3 %	19,9 %	65,5 %	14,4 %	20,2 %
2023	65,3 %	15,0 %	19,7 %	63,6 %	13,5 %	22,9 %	63,6 %	13,4 %	23,0 %	67,6 %	10,0 %	22,4 %
2024	67,2 %	11,9 %	21,0 %	62,9 %	13,9 %	23,1 %	65,7 %	13,0 %	21,3 %	64,6 %	12,6 %	22,8 %

Fuente: Elaboración propia con datos de DANE

Nota: En la tabla “A” es Apartamento, “C” es Casas y “NR” es No Residencial

Tabla 4-24. Industria de los minerales: datos de actividad para la subcategoría 2.A.5.b. Construcción y demoliciones

Año	Área construida Apartamentos (m^2)	Área construida Casas (m^2)	Área construida No residencial (m^2)
1990	3.244.591,3	1.281.679,2	1.506.694,0
1991	3.310.861,8	1.307.857,4	1.537.468,1
1992	3.450.429,2	1.362.989,3	1.602.279,1

Año	Área construida Apartamentos (m^2)	Área construida Casas (m^2)	Área construida No residencial (m^2)
1993	3.646.825,8	1.440.569,9	1.693.480,0
1994	3.871.967,6	1.529.505,5	1.798.029,3
1995	4.084.459,0	1.613.443,9	1.896.704,1
1996	4.170.192,1	1.647.310,2	1.936.516,1
1997	4.318.323,3	1.705.825,0	2.005.303,9
1998	4.343.069,4	1.715.600,2	2.016.795,3
1999	4.167.852,2	1.646.385,9	1.935.429,5
2000	4.293.429,1	1.695.991,3	1.993.743,8
2001	4.366.697,8	1.724.933,9	2.027.767,7
2002	4.478.847,3	1.769.235,2	2.079.846,6
2003	4.661.497,5	1.841.385,8	2.164.664,0
2004	4.924.100,8	1.945.119,4	2.286.609,4
2005	5.173.937,9	2.043.810,1	2.402.626,5
2006	5.546.488,3	2.190.975,0	2.575.628,1
2007	5.947.223,8	2.349.273,7	2.761.718,0
2008	6.149.127,1	2.429.029,5	2.855.476,0
2009	6.220.013,4	2.457.031,1	2.888.393,6
2010	6.512.738,8	2.572.663,5	3.024.326,7
2011	8.254.240,2	2.504.958,4	3.369.342,4
2012	8.966.606,4	2.275.047,7	3.915.115,0
2013	11.384.855,7	3.300.499,0	4.444.360,3
2014	10.140.253,0	2.813.309,3	4.875.699,6
2015	11.588.096,0	3.090.665,6	5.595.844,4
2016	11.792.677,4	2.860.144,6	5.753.345,0
2017	11.549.455,0	2.576.900,1	4.576.526,9
2018	10.501.590,4	1.993.219,4	3.817.299,1
2019	9.921.883,0	2.051.273,8	4.340.035,2
2020	7.965.680,2	1.761.054,0	2.483.527,8
2021	11.964.829,0	2.708.827,0	3.708.963,0
2022	12.898.544,0	2.820.739,0	3.793.370,0
2023	12.457.309,0	2.509.528,0	4.213.165,0
2024	10.333.070,0	2.039.123,0	3.505.660,0

Fuente: Elaboración propia con datos de DANE

4.2.2.2 Factores de emisión aplicados en la categoría

Los factores de emisión utilizados para la estimación de las emisiones de la categoría 2.A. Industria de los minerales se presentan en la Tabla 4-25. Para las emisiones de CO_2, se emplearon principalmente los factores por defecto establecidos en las Directrices del IPCC (2006a), V. 3, Ch. 2, correspondientes a la producción de cal, vidrio y otros usos de carbonatos. En el caso de la producción de cemento, se utilizaron factores específicos para la producción de clínker, correspondientes a 0,525 t CO_2/t clínker para el periodo 1990-2014, con base en el World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) (2011), y 0,526 t CO_2/t clínker para el periodo 2015-2024, de acuerdo con la Federación Interamericana del Cemento (FICEM), reflejando la actualización de los valores recomendados para la industria cementera local.

Para la estimación de carbono negro y contaminantes criterio, se emplearon los factores de emisión propuestos en la Guía EMEP/EEA (2019h), seleccionando aquellos correspondientes a las tecnologías y procesos representativos de cada subcategoría. En el caso del carbono negro, las emisiones fueron estimadas como una fracción de las emisiones de $PM_{2.5}$, siguiendo la metodología establecida en dicha guía.

Tabla 4-25. Industria de los minerales: factores de emisión aplicados por fuente de GEI, carbono negro y contaminantes criterio

Subcategoría	Fuente FE	Nivel (Tier)	Clasificación	Contaminante	Valor	Unidad
2.A.1. Producción de cemento	WCBSD (1990-2014)	1	N.A.	CO_2	0,525	t CO_2.t Clinker $^{-1}$
	FICEM (2015-2024)	1	N.A.		0,526	
	IPCC, 2006 (V. 3, Ch. 2)	1	Factor de corrección por recirculación de ceniza al horno (CKD)	CO_2	1,02	N.A.
	EMEP/EEA, 2019, V. 2, Ch. 2.A.1, Tabla 3.1	1	N.A.	PM_{10}	234,0	g PM_{10} / Mg Clinker
	EMEP/EEA, 2019, V. 2, Ch. 2.A.1, Tabla 3.1	1	N.A.	$PM_{2.5}$	130,0	g $PM_{2.5}$ / Mg Clinker
	EMEP/EEA, 2019, V. 2, Ch. 2.A.1, Tabla 3.1	1	N.A.	CN	3	% $PM_{2.5}$
2.A.2. Producción de cal	IPCC, 2006, V. 3, Ch. 2, Cuadro 2.4	2	Cal viva	CO_2	0,74575	t CO_2 / t
		2	Cal dolomita	CO_2	0,77605	t CO_2 / t
		2	Cal hidratada	CO_2	0,58875	t CO_2 / t
	EMEP/EEA, 2019, V. 2, Ch. 2.A.2, Tabla 3.1	1	Cal viva	PM_{10}	3.500,0	g PM_{10} / Mg cal
	EMEP/EEA, 2019, V. 2, Ch. 2.A.2, Tabla 3.1	1	Cal viva	$PM_{2.5}$	700,0	g $PM_{2.5}$ / Mg cal
	EMEP/EEA, 2019, V. 2, Ch. 2.A.2, Tabla 3.1	1	Cal viva	CN	0,46	% $PM_{2.5}$
	EMEP/EEA, 2019, V. 2, Ch. 2.A.2, Tabla 3.1	1	Cal dolomita	PM_{10}	3.500,0	g PM_{10} / Mg cal

Subcategoría	Fuente FE	Nivel (Tier)	Clasificación	Contaminante	Valor	Unidad
	EMEP/EEA, 2019, V. 2, Ch. 2.A.2, Tabla 3.1	1	Cal dolomita	$PM_{2.5}$	700,0	g $PM_{2.5}$ / Mg cal
	EMEP/EEA, 2019, V. 2, Ch. 2.A.2, Tabla 3.1	1	Cal dolomita	CN	0,46	% $PM_{2.5}$
2.A.3. Producción de vidrio	IPCC, 2006, V. 3, Ch. 2, Cuadro 2.6	2	Botellas	CO_2	0,21	t CO_2 / t
		2	Fibra de vidrio	CO_2	0,25	t CO_2 / t
		2	Vidrio plano	CO_2	0,21	t CO_2 / t
	EMEP/EEA, 2019, V. 2, Ch. 2.A.3, Tabla 3.2	2	Vidrio plano	PM_{10}	120,0	g PM_{10} / Mg vidrio
	EMEP/EEA, 2019, V. 2, Ch. 2.A.3, Tabla 3.2	2	Vidrio plano	$PM_{2.5}$	100,0	g $PM_{2.5}$ / Mg vidrio
	EMEP/EEA, 2019, V. 2, Ch. 2.A.3, Tabla 3.2	2	Vidrio plano	CN	0,062	% $PM_{2.5}$
	EMEP/EEA, 2019, V. 2, Ch. 2.A.3, Tabla 3.3	2	Botellas	PM_{10}	250,0	g PM_{10} / Mg vidrio
	EMEP/EEA, 2019, V. 2, Ch. 2.A.3, Tabla 3.3	2	Botellas	$PM_{2.5}$	220,0	g $PM_{2.5}$ / Mg vidrio
	EMEP/EEA, 2019, V. 2, Ch. 2.A.3, Tabla 3.3	2	Botellas	CN	0,062	% $PM_{2.5}$
	EMEP/EEA, 2019, V. 2, Ch. 2.A.3, Tabla 3.4	2	Fibra de vidrio	PM_{10}	90,0	g PM_{10} / Mg vidrio
	EMEP/EEA, 2019, V. 2, Ch. 2.A.3, Tabla 3.4	2	Fibra de vidrio	$PM_{2.5}$	70,0	g $PM_{2.5}$ / Mg vidrio
	EMEP/EEA, 2019, V. 2, Ch. 2.A.3, Tabla 3.4	2	Fibra de vidrio	CN	2,0	% $PM_{2.5}$
2.A.4. Otros usos de carbonatos en los procesos	IPCC, 2006, V. 3, Ch. 2, Cuadro 2.1	2	2.A.4.b. Otros usos de la ceniza de sosa	CO_2	0,41492	t CO_2 / t
2.A.5.a. Cantería y minería de minerales diferentes al carbón	EMEP/EEA, 2019, V. 2, Ch. 2.A.5.a, Tabla 3.1	1	N.A.	PM_{10}	50,0	g PM_{10} / Mg mineral
	EMEP/EEA, 2019, V. 2, Ch. 2.A.5.a, Tabla 3.1	1		$PM_{2.5}$	5,0	g $PM_{2.5}$ / Mg mineral
	EMEP/EEA, 2019, V. 2, Ch. 2.A.5.b, Tabla 3.1	1	Casas	PM_{10}	0,086	kg PM_{10} / m^2.año

Subcategoría	Fuente FE	Nivel (Tier)	Clasificación	Contaminante	Valor	Unidad
2.A.5.b. Construcción y demoliciones	EMEP/EEA, 2019, V. 2, Ch. 2.A.5.b, Tabla 3.1	1	Casas	$PM_{2.5}$	0,0086	kg $PM_{2.5}$ / m^2.año
	EMEP/EEA, 2019, V. 2, Ch. 2.A.5.b, Tabla 3.2	1	Apartamentos	PM_{10}	0,3	kg PM_{10} / m^2.año
	EMEP/EEA, 2019, V. 2, Ch. 2.A.5.b, Tabla 3.2	1	Apartamentos	$PM_{2.5}$	0,03	kg $PM_{2.5}$ / m^2.año
	EMEP/EEA, 2019, V. 2, Ch. 2.A.5.b, Tabla 3.3	1	No residencial	PM_{10}	1,0	kg PM_{10} / m^2.año
	EMEP/EEA, 2019, V. 2, Ch. 2.A.5.b, Tabla 3.3	1	No residencial	$PM_{2.5}$	0,1	kg $PM_{2.5}$ / m^2.año

Fuente: Elaboración propia a partir de IPCC (2006), EMEP/EEA (2019), FICEM y WCBSD.

4.2.3 Descripción de flexibilidad aplicada en la categoría

No se aplicó ninguna flexibilidad.

4.2.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría

Tabla 4-26. Resultados de incertidumbre (%) por propagación del error para 2.A. Industria de los minerales

Subcategoría	Cont	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
2.A. industria de los minerales	Todos	11,8	12,0	11,8	11,9	11,9	9,7	9,6	9,6	9,7	9,4	9,4
2.A.1. producción de cemento	CO2	12,7	12,7	12,7	12,7	12,7	10,3	10,3	10,3	10,3	10,3	10,3
2.A.2. producción de cal	CO2	18,0	16,0	17,5	16,0	20,2	16,6	16,0	15,9	16,7	16,5	16,8
2.A.3. producción de vidrio	CO2	13,5	13,3	14,4	14,0	14,5	16,7	14,9	15,4	15,1	15,4	15,7
2.A.4. Otros usos de carbonatos en los procesos	CO2	25,1	25,1	25,1	25,1	25,1	25,1	25,1	25,1	25,1	25,1	25,1

En la Tabla 4-26 se presentan los resultados de incertidumbre para la categoría 2.A. Industria de los minerales en los años seleccionados del periodo 1990-2024. Para estos años, la incertidumbre promedio fue de ±10,62 %. En 1990, la incertidumbre fue de ±11,8 %, mientras que en 2024 alcanzó ±9,4 %, lo que representa una reducción relativa del 20,34 %, equivalente a 2,4 puntos porcentuales.

Entre 1990 y 2010, la incertidumbre se mantuvo relativamente estable, con valores cercanos al 12 %. A partir de 2015 se observa una reducción hasta aproximadamente ±9,7 %, y en 2023 alcanzó ±9,4 %, valor que se mantuvo en 2024. Las emisiones consideradas en esta categoría corresponden a CO_2 generado por el uso de carbonatos en los procesos industriales.

En 2024, la subcategoría con mayor incertidumbre fue 2.A.4. Otros usos de carbonatos en los procesos, con ±25,1 %, seguida de 2.A.2. Producción de cal, con ±16,8 %; 2.A.3. Producción de vidrio, con ±15,7 %; y 2.A.1. Producción de cemento, con ±10,3 %.

La producción de cemento presentó una incertidumbre constante de ±12,7 % entre 1990 y 2010, que disminuyó a ±10,3 % a partir de 2015. La producción de cal mostró un comportamiento fluctuante, con valores entre ±15,9 % y ±20,2 %, sin una tendencia sostenida de reducción. Por su parte, la producción de vidrio aumentó de ±13,5 % en 1990 a ±15,7 % en 2024. La incertidumbre de otros usos de carbonatos permaneció constante en ±25,1 % durante todos los años analizados.

En conjunto, la reducción de la incertidumbre de 2.A se relaciona principalmente con la disminución observada en la producción de cemento y con la participación de esta actividad en las emisiones totales de la categoría. Las incertidumbres más elevadas de los otros usos de carbonatos, la producción de cal y la producción de vidrio están asociadas a las incertidumbres de los datos de actividad y de los parámetros empleados para estimar las emisiones de CO_2.

4.2.5 AC/CC de la categoría

Además de las actividades transversales de control y aseguramiento de la calidad aplicadas a la totalidad del inventario, para la categoría 2.A. Industria de los minerales se implementaron los siguientes procedimientos específicos:

- Se contrastaron los datos de importación y exportación de clínker reportados en la base de datos UN Comtrade con la información suministrada por PROCEMCO. La comparación evidenció consistencia en las cifras de importación, las cuales fueron incorporadas en la estimación de la producción nacional de clínker. En el caso de las exportaciones, se identificaron diferencias que no pudieron ser conciliadas con la información disponible del sector, por lo que se acordó con PROCEMCO fortalecer la consolidación y validación de estos datos para evaluar su incorporación en futuros ciclos del inventario.
- Se verificó la integridad y consistencia de las bases de datos B0, B2, F2 y SectorCal correspondientes a las subcategorías estimadas de la categoría 2.A, garantizando que los datos de actividad, factores de emisión y demás parámetros utilizados en los cálculos fueran consistentes con la estructura estandarizada del inventario y estuvieran debidamente documentados.
- Se compararon las emisiones estimadas para las subcategorías de la categoría 2.A con las reportadas en el ciclo anterior del inventario, tanto a nivel de serie temporal como de resultados agregados, con el fin de identificar variaciones significativas y verificar que estas respondieran a actualizaciones de los datos de actividad, mejoras metodológicas, recálculos o a otros cambios debidamente sustentados.
- Se revisó la consistencia y completitud de los datos de actividad empleados frente a las fuentes oficiales de información y a la información suministrada por los gremios y entidades sectoriales correspondientes, verificando la coherencia de las tendencias observadas con el comportamiento de la producción nacional de minerales y materiales de construcción.
- Los resultados obtenidos para la categoría fueron socializados con las entidades y actores técnicos del sector relacionados con las industrias de minerales, con el propósito de validar la coherencia de las estimaciones, fortalecer la transparencia del proceso e identificar oportunidades de mejora para futuros ciclos del inventario.

4.2.6 Nuevos cálculos de la categoría

Los recálculos realizados en la categoría 2.A. Industria de los minerales obedecen principalmente a tres aspectos. En la subcategoría 2.A.1. Producción de cemento se actualizaron los datos de importación de clínker reportados por PROCEMCO desde 2013, lo que permitió reemplazar los valores utilizados previamente y recalcular la producción nacional de clínker. En 2.A.2. Producción de cal se completó la serie histórica de 1990 y 1991 mediante técnicas de empalme y se mejoró su trazabilidad como se presenta en la sección 4.2.2.1, debido a que la EAM, fuente oficial de información para esta actividad, inició en 1992. Finalmente, en 2.A.3. Producción de vidrio se realizaron ajustes en la serie histórica, incluyendo la incorporación de los años 1990 y 1991 y la actualización de tendencia de la estimación correspondiente al año 2010, a través de la interpolación lineal de los datos de producción de botellas para bebidas no alcohólicas (2009 y 2011). La subcategoría 2.A.4. Otros usos de carbonatos, en los procesos no presentó modificaciones respecto al BTR1.

El efecto de estos recálculos sobre las emisiones de la categoría fue limitado y se concentró en años específicos. Los mayores incrementos se presentaron en 1990 y 1991, cuando las emisiones de la categoría aumentaron 3,9 % y 4,1 %, respectivamente, como resultado de la incorporación de las series históricas de cal y vidrio. Por el contrario, entre 2015 y 2017 las emisiones disminuyeron entre 1,8 % y 2,4 % debido a la actualización de las importaciones de clínker utilizadas en la estimación de la producción nacional. En 2010 se observó una reducción del 2,2 %, asociada al recálculo realizado en la producción de vidrio. Para el resto de la serie, las diferencias respecto al BTR1 fueron inferiores al 0,2 %, por lo que no generaron cambios significativos en la tendencia histórica de la categoría.

Tabla 4-27. Industria de los minerales: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2) (kt CO_2eq)

Subcategoría	Reporte	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021
2.A.1. Producción de cemento	BTR1	2.739,6	3.920,4	3.056,8	4.248,9	4.071,8	4.585,3	4.053,8	4.794,3
2.A.1. Producción de cemento	BTR2	2.739,6	3.920,4	3.056,8	4.248,9	4.071,8	4.468,6	4.051,5	4.794,5
2.A.1. Producción de cemento	Diferencia	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	- 116,6	- 2,3	0,1
2.A.1. Producción de cemento	Diferencia (%)	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	-2,5 %	-0,1 %	0,0 %
2.A.1. Producción de cemento	**Efecto en total de categoría 2.A (%)**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**-2,4 %**	**-0,1 %**	**0,0 %**
2.A.1. Producción de cemento	**Efecto en total neto de categoría 2.A (%)**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**-2,4 %**	**-0,1 %**	**0,0 %**
2.A.2. Producción de cal	BTR1	62,8	89,1	53,9	102,7	183,3	131,0	128,7	180,0
2.A.2. Producción de cal	BTR2	88,3	89,1	53,9	102,7	183,3	131,0	128,7	180,0
2.A.2. Producción de cal	Diferencia	25,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2.A.2. Producción de cal	Diferencia (%)	40,5 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
2.A.2. Producción de cal	**Efecto en total de categoría 2.A (%)**	**0,9 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**
2.A.2. Producción de cal	**Efecto en total neto de categoría 2.A (%)**	**0,9 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**
2.A.3. Producción de vidrio	BTR1	0,0	113,1	155,7	160,4	182,9	82,9	86,2	107,0
2.A.3. Producción de vidrio	BTR2	85,3	113,1	155,7	160,4	85,9	82,9	86,2	107,0

Subcategoría	Reporte	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021
2.A.3. Producción de vidrio	Diferencia	85,3	0,0	0,0	0,0	- 97,0	0,0	0,0	- 0,0
2.A.3. Producción de vidrio	Diferencia (%)	100,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	-53,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
2.A.3. Producción de vidrio	**Efecto en total de categoría 2.A (%)**	**3,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**-2,2 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**
2.A.3. Producción de vidrio	**Efecto en total neto de categoría 2.A (%)**	**3,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**-2,2 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**
2.A.4. Otros usos industriales de los carbonatos	BTR1	44,2	41,6	52,4	59,4	45,5	58,1	78,8	104,9
2.A.4. Otros usos industriales de los carbonatos	BTR2	44,2	41,6	52,4	59,4	45,5	58,1	78,8	104,9
2.A.4. Otros usos industriales de los carbonatos	Diferencia	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2.A.4. Otros usos industriales de los carbonatos	Diferencia (%)	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
2.A.4. Otros usos industriales de los carbonatos	**Efecto en total de categoría 2.A (%)**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**
2.A.4. Otros usos industriales de los carbonatos	**Efecto en total neto de categoría 2.A (%)**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**
2.A. Industria de los minerales	BTR1	2.846,7	4.164,2	3.318,8	4.571,4	4.483,5	4.857,2	4.347,5	5.186,3
2.A. Industria de los minerales	BTR2	2.957,5	4.164,2	3.318,8	4.571,4	4.386,5	4.740,6	4.345,2	5.186,4
2.A. Industria de los minerales	Diferencia	110,8	0,0	0,0	0,0	- 97,0	- 116,6	- 2,3	0,1

Subcategoría	Reporte	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021
2.A. Industria de los minerales	Diferencia (%)	3,9 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	-2,2 %	-2,4 %	-0,1 %	0,0 %
2.A. Industria de los minerales	**Efecto en total de sector (%)**	**2,7 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**-1,4 %**	**-1,3 %**	**0,0 %**	**0,0 %**
2.A. Industria de los minerales	**Efecto en total neto de sector (%)**	**2,7 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**-1,4 %**	**-1,3 %**	**0,0 %**	**0,0 %**
2. IPPU	BTR1	4.124,2	5.618,8	4.875,6	6.848,7	6.976,0	9.102,6	10.604,0	11.721,5
2. IPPU	BTR2	4.272,8	5.672,0	4.865,1	6.830,4	6.973,0	9.149,9	10.711,7	11.342,7
2. IPPU	**Diferencias2**	**148,6**	**53,2**	**- 10,5**	**- 18,3**	**- 2,9**	**47,3**	**107,6**	**- 378,8**
2. IPPU	**Diferencia (%)**	**3,6 %**	**0,9 %**	**-0,2 %**	**-0,3 %**	**0,0 %**	**0,5 %**	**1,0 %**	**-3,2 %**

2 Las diferencias reportadas para el total del sector 2. IPPU reflejan el efecto conjunto de las actualizaciones implementadas en todas las categorías del sector entre el BTR1 y el BTR2 y no únicamente de las modificaciones realizadas en la categoría 2.A.

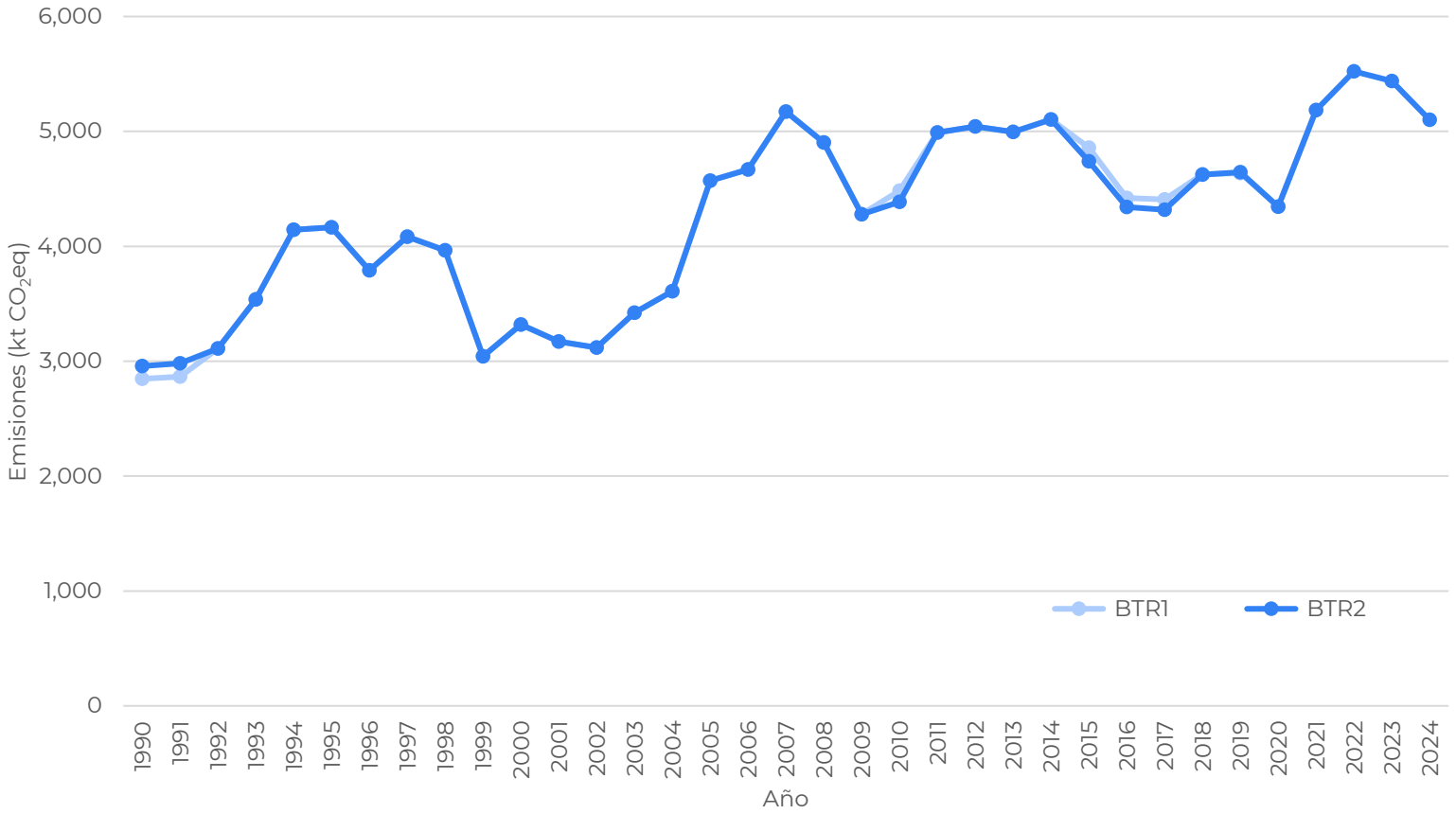


Figura 4-11. Industria de los minerales: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2), 1990-2024

Fuente: Elaboración propia

4.2.7 Mejoras planeadas de la categoría

En la Tabla 4-28 se presentan las oportunidades de mejora identificadas orientadas al fortalecimiento de los datos de actividad, la reducción de la incertidumbre y la implementación de metodologías de mayor nivel de detalle para las categorías clave. Las actividades propuestas responden tanto a las necesidades identificadas durante el desarrollo del inventario como a la estrategia de mejora continua del INGEI, y serán desarrolladas de manera articulada con las entidades responsables de la generación y suministro de información.

Tabla 4-28. Industria de los minerales: Plan de mejora

Subcategoría	Actividad propuesta de mejora	Periodo	Actores	Priorización
2.A.1 Producción de cemento	Fortalecer la disponibilidad de información técnica y de actividad requerida para implementar metodologías de nivel superior (Tier 2 o Tier 3) en la estimación de emisiones de la producción de cemento.	1990-2024	PROCEMCO, empresas cementeras, Mincomercio	BTR4 - 2030
2.A.1 Producción de cemento	Reducir la incertidumbre de las estimaciones de emisiones de la categoría clave mediante el fortalecimiento de datos de actividad y parámetros requeridos.	1990-2024	PROCEMCO, empresas cementeras, Ideam	BTR4 - 2030
2.A.1 Producción de cemento	Fortalecer la completitud y representatividad de los datos de comercio exterior (importaciones y exportaciones) de clínker.	1990-2024	PROCEMCO, DIAN, Mincomercio, Ideam	BTR4 - 2030
2.A.4.a. Cerámica	Establecer mecanismos de cooperación con el Comité Cerámico de la ANDI y las empresas del sector, con el fin de obtener datos sobre el consumo de carbonatos requeridos para la estimación de la subcategoría	1990-2024	Ideam, Comité Cerámico - ANDI y empresas del sector	BTR3 - 2028
2.A.4.b Otros usos de la ceniza de sosa	Fortalecer la coherencia metodológica entre las subcategorías relacionadas con el uso de ceniza de sosa en el país, por ejemplo, la producción de vidrio, evitando potenciales dobles conteos y garantizando la transparencia de las estimaciones.	1990-2024	Empresas productoras de vidrio, MinComercio , Ideam	BTR3 - 2028

4.3 Industria química (CRT 2.B)

4.3.1 Descripción y tendencia de las emisiones y absorciones atmosféricas de la categoría

De acuerdo con las Directrices del IPCC, los procesos considerados incluyen, entre otros, la producción de amoníaco, ácido nítrico, caprolactama, producción petroquímica y negro de humo, para los cuales se establecen metodologías específicas de estimación de emisiones (Harnisch et al., 2006). Desde el punto de vista de los contaminantes atmosféricos, la guía EMEP/EEA señala que los procesos de la industria química están constituidos por una serie de operaciones unitarias, como mezclado, separación y reacción química, comunes a la fabricación de diferentes productos químicos. Asimismo, identifica que las emisiones pueden variar según el tipo de proceso y que, para otras ramas de la industria química, predominan las emisiones de material particulado o de compuestos orgánicos volátiles, dependiendo de si se trata de procesos inorgánicos u orgánicos (Kuenen, Appelman, et al., 2019).

En este inventario se estiman las emisiones de las subcategorías 2.B.1 Producción de amoníaco, 2.B.2 Producción de ácido nítrico, 2.B.4.a Producción de caprolactama, 2.B.8.b Producción de etileno, 2.B.8.c Producción de dicloruro de etileno y monómero de cloruro de vinilo, y 2.B.8.f Producción de negro de humo, siguiendo las metodologías del IPCC (2006) para la estimación de gases de efecto invernadero. Adicionalmente, para la estimación de carbono negro y contaminantes criterio se incluyen las subcategorías 2.B.11 Otros, que abarcan la producción de polietileno, poliestireno, polipropileno, formaldehído, ácido sulfúrico y anhídrido ftálico, para las cuales se emplean los factores de emisión recomendados por la guía EMEP/EEA 2019 para procesos de la industria química (véase Figura 4-12).

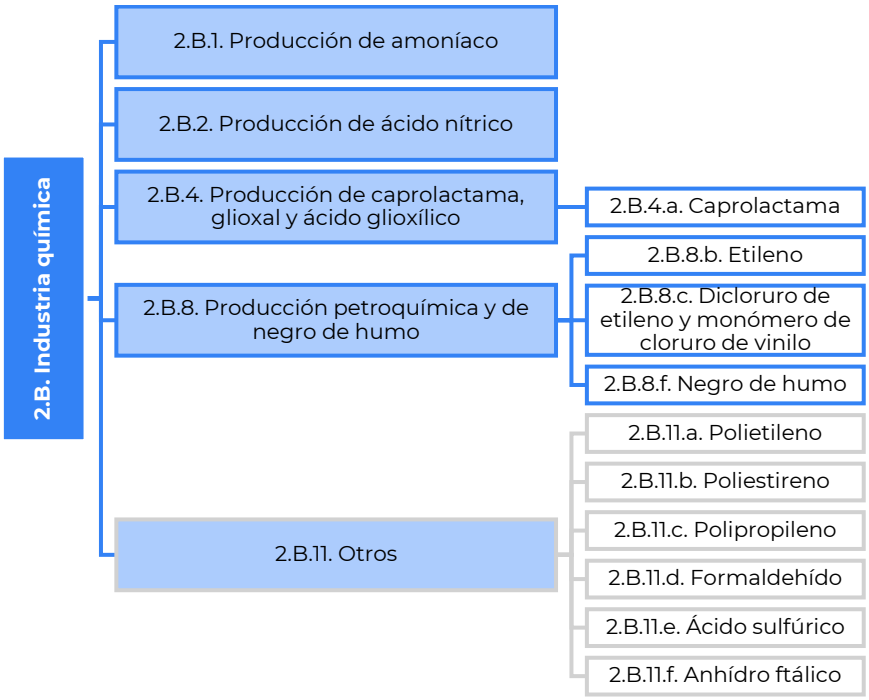


Figura 4-12. Industria química: Subcategorías estimadas en la categoría Industria química

La categoría 2.B. Industria química emitió 516,5 kt CO_2eq en 2024, equivalente al 4,4 % de las emisiones del sector IPPU. Respecto al año base (1990), las emisiones disminuyeron 0,5 %, al pasar de 519,1 kt CO_2eq a 516,5kt CO_2eq. No obstante, durante la serie histórica la categoría presentó una evolución no lineal, con un crecimiento sostenido hasta alcanzar un máximo de 1.106,9 kt CO_2eq en 2022, seguido de una reducción importante en los dos últimos años inventariados.

En comparación con 2021, las emisiones de la categoría disminuyeron 48,5 %, pasando de 1.003,5 kt CO_2eq a 516,5 kt CO_2eq. Esta reducción se explica principalmente por la disminución de las emisiones en las categorías 2.B.1. Producción de amoníaco y 2.B.2. Producción de ácido nítrico. En esta última, la reducción observada en los años recientes estuvo asociada a la implementación gradual de tecnologías de abatimiento de N_2O en las plantas de producción del país. Por su parte, en la categoría 2.B.1, las emisiones reflejan la disminución de la actividad productiva, la cual en 2024 fue 54,5 % inferior a la registrada en 2023 y 60,5 % menor que el máximo observado en 2022.

En 2024, la categoría 2.B.8. Producción petroquímica y de negro de humo fue la principal fuente de emisiones de la industria química, con una participación de 51,2 %, seguida por la categoría 2.B.2. Producción de ácido nítrico (31,9 %) y la categoría 2.B.1 Producción de amoníaco (16,8 %) (véase Figura 4-13). La siguiente tabla presenta la tendencia de las emisiones de GEI de las subcategorías de 2.B:

Tabla 4-29. Industria química: Emisiones totales de GEI por categoría y subcategoría (kt CO_2eq)

Fuente	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
2.B. Industria química	**519,1**	**556,7**	**721,8**	**962,9**	**1.015,1**	**890,1**	**998,0**	**1.003,5**	**1.106,9**	**822,8**	**516,5**
2.B.1. Producción de amoníaco	185,2	172,5	191,2	213,9	193,7	151,8	166,3	181,7	220,0	191,0	86,9
2.B.2. Producción de ácido nítrico	168,4	131,4	272,9	373,6	485,7	512,7	581,2	518,8	553,7	381,1	165,0
2.B.4. Producción de caprolactama, glioxal y ácido glioxílico	62,2	58,9	71,0	74,1	67,5	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.B.4.a. Caprolactama	62,2	58,9	71,0	74,1	67,5	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.B.8. Producción petroquímica y de negro de humo	103,3	194,0	186,8	301,4	268,2	225,6	250,5	303,0	333,2	250,6	264,6

2.B.8.b. Etileno	-	-	-	65,1	52,4	63,6	27,5	39,3	57,1	57,2	58,8
2.B.8.c. Dicloruro de etileno y monómero de cloruro de vinilo	27,0	75,2	61,1	80,5	83,0	109,0	117,0	116,8	112,3	72,8	64,6
2.B.8.f. Negro de humo	76,3	118,8	125,6	155,8	132,9	53,1	106,0	146,9	163,8	120,5	141,2

Fuente: Elaboración propia

La evolución de las subcategorías evidenció cambios importantes en la composición de las emisiones de la industria química. La subcategoría 2.B.1 presentó un comportamiento relativamente estable durante la mayor parte de la serie, con emisiones entre 151,8 kt CO_2eq (2015) y 220,0 kt CO_2eq (2022), aunque en 2024 descendió hasta 86,9 kt CO_2eq, el valor más bajo registrado en toda la serie.

Por su parte, la subcategoría 2.B.2 incrementó sus emisiones desde 168,4kt CO_2eq en 1990 hasta un máximo de 581,2 kt CO_2eq en 2020, consolidándose como una de las principales fuentes de emisiones del sector. A partir de ese año se observa una disminución sostenida, alcanzando 165,0kt CO_2eq en 2024, relacionada con la instalación de las tecnologías de abatimiento de N_2O en algunas de las plantas de producción nacional del ácido nítrico.

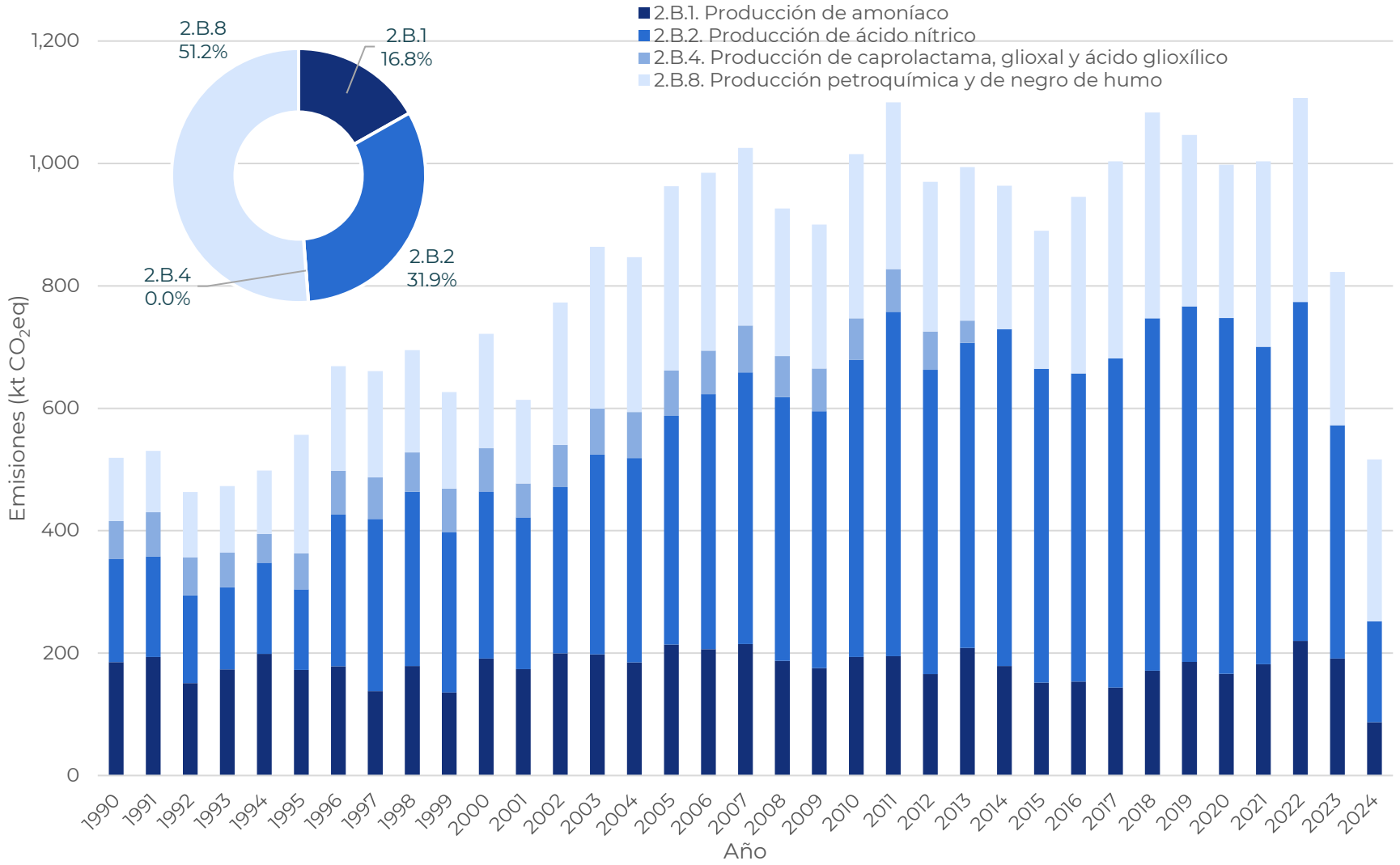


Figura 4-13. Industria química: Emisiones de GEI por fuente (kt CO_2eq), 1990-2024.

Fuente: Elaboración propia

La subcategoría 2.B.4 registró emisiones de 62,2kt CO_2eq en 1990 hasta 36,1 kt CO_2eq en 2013. Desde 2014 no se reportan emisiones debido al cese de la producción nacional de caprolactama.

Por otro lado, la subcategoría 2.B.8 incrementó su participación dentro de la industria química a lo largo de la serie histórica, pasando de 103,3 kt CO_2eq en 1990 a 264,6 kt CO_2eq en 2024, convirtiéndose en la principal fuente de emisiones de la categoría.

En la Tabla 4-30 se resumen las emisiones de la industria química por GEI:

Tabla 4-30. Industria química: Emisiones totales de GEI (kt CO_2eq)

GEI	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
2.B. Industria química											
CO_2	288,4	366,3	377,7	506,0	454,4	368,3	412,7	478,9	544,9	433,5	343,1
CH_4	0,1	0,2	0,2	9,3	7,5	9,1	4,1	5,8	8,3	8,2	8,4
N_2O	230,6	190,2	343,9	447,7	553,2	512,7	581,2	518,8	553,7	381,1	165,0
2.B.1. Producción de amoníaco											
CO_2	185,2	172,5	191,2	213,9	193,7	151,8	166,3	181,7	220,0	191,0	86,9
CH_4	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
N_2O	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.B.2. Producción de ácido nítrico											
CO_2	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
CH_4	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
N_2O	168,4	131,4	272,9	373,6	485,7	512,7	581,2	518,8	553,7	381,1	165,0
2.B.4. Producción de caprolactama, glioxal y ácido glioxílico											
CO_2	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
CH_4	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
N_2O	62,2	58,9	71,0	74,1	67,5	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.B.8. Producción petroquímica y de negro de humo											
CO_2	103,2	193,7	186,5	292,1	260,7	216,6	246,4	297,2	324,9	242,5	256,2
CH_4	0,1	0,2	0,2	9,3	7,5	9,1	4,1	5,8	8,3	8,2	8,4
N_2O	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la Figura 4-14 y la Tabla 4-30, las emisiones de la categoría 2.B. Industria química provinieron principalmente de CO_2 y N_2O, mientras que el CH_4 representó una fracción muy reducida del total. En 2024, el CO_2 aportó el 66,4 % de las emisiones de la categoría (343,1 kt CO_2eq), seguido por el N_2O con 31,9 % (165,0 kt CO_2eq) y el CH_4 con 1,6 % (8,4 kt CO_2eq). La contribución del CH_4 se mantuvo baja durante toda la serie, debido a que las emisiones de este gas estuvieron asociadas únicamente a la subcategoría 2.B.8. Producción petroquímica y de negro de humo.

La evolución temporal evidenció cambios en la composición de las emisiones. Entre 1990 y 2022, el N_2O constituyó una de las principales fuentes de emisión de la categoría, alcanzando su máximo en 2020 con 581,2 kt CO_2eq. Sin embargo, a partir de 2023 se observó una reducción significativa, llegando a 165,0 kt CO_2eq en 2024, asociada a la disminución de las emisiones de la 2.B.2. Producción de ácido nítrico como resultado de la implementación de tecnologías de abatimiento en las plantas de producción.

Por su parte, las emisiones de CO_2 presentaron un comportamiento más estable a lo largo de la serie, con fluctuaciones relacionadas con los niveles de producción industrial. En 2024 alcanzaron 343,1 kt CO_2eq, equivalentes a cerca de dos terceras partes de las emisiones de la categoría. Estas emisiones provinieron principalmente de las subcategorías 2.B.8. Producción petroquímica y de negro de humo (256,2 kt CO_2eq; 74,7 % del CO_2 de la categoría) y 2.B.1. Producción de amoníaco (86,9 kt CO_2eq; 25,3 %), tal como se observa en la Figura 4-15.

Las emisiones de CH_4 permanecieron relativamente bajas durante toda la serie, con valores inferiores a 10 kt CO_2eq. En 2024 alcanzaron 8,4 kt CO_2eq y correspondieron exclusivamente a la subcategoría 2.B.8, asociadas a la producción de etileno, dicloruro de etileno, monómero de cloruro de vinilo y negro de humo.

La Figura 4-14 y la Figura 4-15 presentan las emisiones por gas de efecto invernadero y para cada subcategoría.

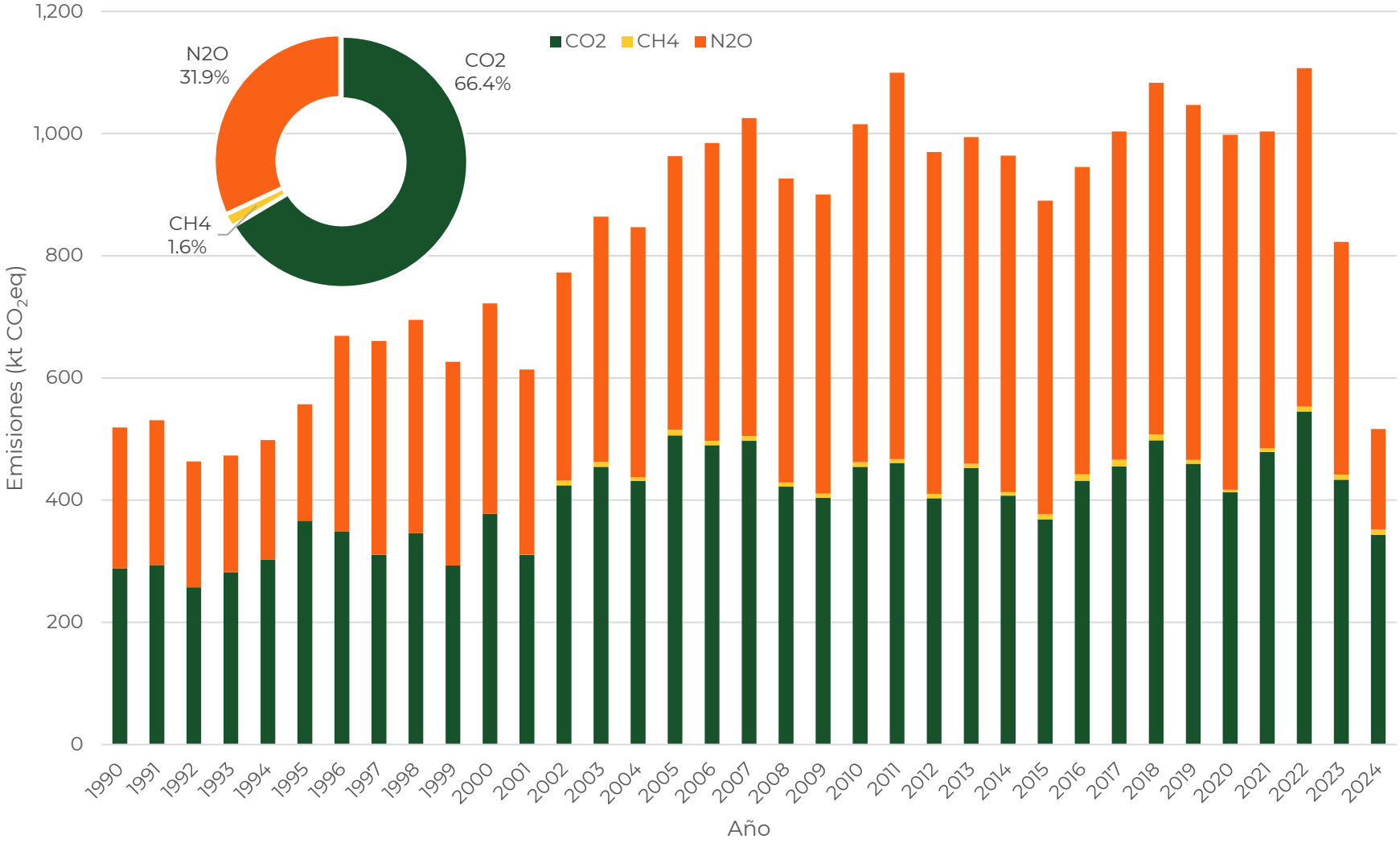


Figura 4-14. Industria química: Emisiones totales de GEI (kt CO_2eq), 1990-2024

Fuente: Elaboración propia

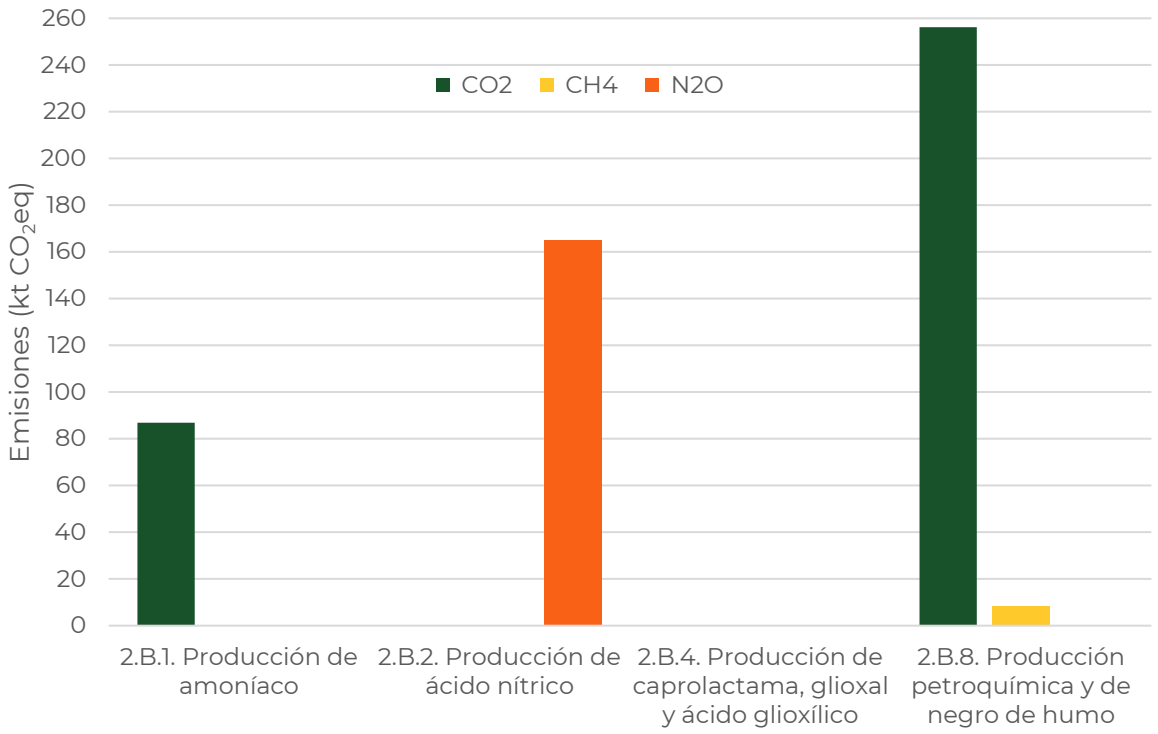


Figura 4-15. Industria química: Emisiones de GEI por subcategoría (kt CO_2eq), 2024

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la Figura 4-16 y la Tabla 4-31, la categoría 2.B. Industria química presentó emisiones de carbono negro y contaminantes criterio asociadas principalmente a las subcategorías 2.B.2. Producción de ácido nítrico, 2.B.8. Producción petroquímica y de negro de humo y 2.B.11. Otros. No obstante, cada subcategoría aportó contaminantes diferentes de acuerdo con las características de sus procesos productivos. En la subcategoría 2.B.11. Otros, las subcategorías 2.B.11.a. Polietileno, 2.B.11.b. Poliestireno, 2.B.11.c. Polipropileno y 2.B.11.f. Anhídrido ftálico únicamente generaron emisiones de COVDM; la subcategoría 2.B.11.d. Formaldehído estimó emisiones de COVDM y CO, mientras que la subcategoría 2.B.11.e. Ácido sulfúrico únicamente generó emisiones de SO_x.

Tabla 4-31. Industria química: Emisiones de carbono negro y contaminantes criterio (kt)

AÑO	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
2.B. Industria química											
COVDM	0,4	0,6	0,6	32,9	26,8	33,8	15,8	21,9	30,6	30,5	30,8
PM_{10}	1,7E-02	3,8E-02	3,4E-02	4,3E-02	4,2E-02	4,2E-02	5,1E-02	5,5E-02	5,5E-02	3,7E-02	3,6E-02
$PM_{2.5}$	7,4E-03	1,2E-02	1,3E-02	1,6E-02	1,4E-02	6,7E-03	1,2E-02	1,5E-02	1,7E-02	1,2E-02	1,4E-02
CN	7,0E-04	1,1E-03	1,1E-03	1,4E-03	1,2E-03	4,9E-04	9,7E-04	1,3E-03	1,5E-03	1,1E-03	1,3E-03
CO	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2
NH_3	1,1E-03	1,0E-03	1,1E-03	1,3E-03	1,1E-03	9,0E-04	9,8E-04	1,1E-03	1,3E-03	1,1E-03	5,1E-04
NO_X	1,4	1,4	2,2	2,9	3,4	3,0	3,7	4,1	4,0	3,5	3,3
SO_X	0,8	1,2	1,2	1,5	1,4	0,8	1,3	1,6	1,7	1,3	1,5
2.B.1. Producción de amoníaco											

AÑO	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
COVDM	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
CO	1,1E-02	1,0E-02	1,1E-02	1,3E-02	1,1E-02	9,0E-03	9,8E-03	1,1E-02	1,3E-02	1,1E-02	5,1E-03
NH_3	1,1E-03	1,0E-03	1,1E-03	1,3E-03	1,1E-03	9,0E-04	9,8E-04	1,1E-03	1,3E-03	1,1E-03	5,1E-04
NO_X	1,1E-01	1,0E-01	1,1E-01	1,3E-01	1,1E-01	9,0E-02	9,8E-02	1,1E-01	1,3E-01	1,1E-01	5,1E-02
2.B.2. Producción de ácido nítrico											
COVDM	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
CO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
NO_X	0,8	0,7	1,4	1,9	2,5	2,6	3,0	3,2	2,9	2,7	2,5
2.B.8. Producción petroquímica y de negro de humo											
COVDM	2,9E-02	5,6E-02	5,3E-02	32,3	26,0	31,5	13,7	19,5	28,3	28,4	29,1
PM_{10}	1,7E-02	3,8E-02	3,4E-02	4,3E-02	4,2E-02	4,2E-02	5,1E-02	5,5E-02	5,5E-02	3,7E-02	3,6E-02
$PM_{2.5}$	7,4E-03	1,2E-02	1,3E-02	1,6E-02	1,4E-02	6,7E-03	1,2E-02	1,5E-02	1,7E-02	1,2E-02	1,4E-02
CN	7,0E-04	1,1E-03	1,1E-03	1,4E-03	1,2E-03	4,9E-04	9,7E-04	1,3E-03	1,5E-03	1,1E-03	1,3E-03
CO	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2
NO_X	0,4	0,7	0,7	0,9	0,8	0,3	0,6	0,8	0,9	0,7	0,8
SO_X	0,6	1,0	1,1	1,3	1,1	0,4	0,9	1,2	1,4	1,0	1,2
2.B.11. Otros											
COVDM	0,4	0,5	0,5	0,6	0,8	2,3	2,1	2,4	2,2	2,2	1,7
CO	4,5E-04	5,6E-04	5,9E-04	7,1E-04	9,0E-04	1,3E-03	1,2E-03	1,1E-03	1,0E-03	9,1E-04	7,4E-04
NO_X	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
SO_X	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,5	0,3	0,3	0,3	0,3

Fuente: Elaboración propia

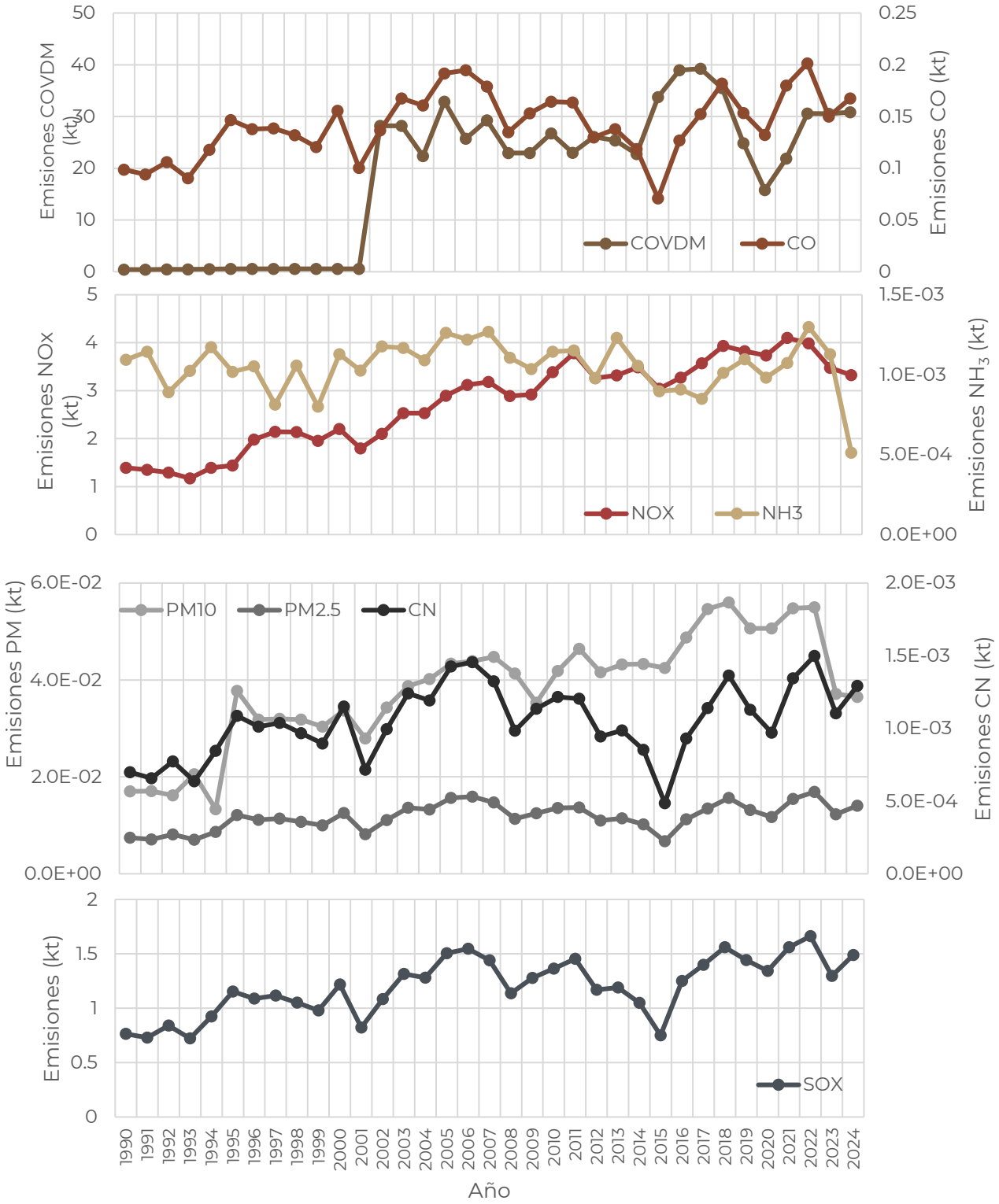


Figura 4-16. Industria química: Emisiones totales carbono negro y contaminantes criterio (kt), 1990-2024

Fuente: Elaboración propia

Dentro de la subcategoría 2.B.8. Producción petroquímica y de negro de humo, las emisiones también variaron según el proceso industrial. La subcategoría 2.B.8.b. Etileno únicamente generó emisiones de COVDM y constituyó la principal fuente de este contaminante dentro de la industria química; adicionalmente, su producción comenzó a reportarse en el inventario a partir de 2002. Por su parte, la subcategoría 2.B.8.c. Dicloruro

de etileno y monómero de cloruro de vinilo generó emisiones de COVDM, PM_{10} y $PM_{2.5}$, mientras que la subcategoría 2.B.8.f. Negro de humo fue la fuente más diversa de contaminantes, al generar emisiones de COVDM, PM_{10}, $PM_{2.5}$, CN, CO, NO_x y SO_x.

Las emisiones de COVDM constituyeron el contaminante criterio de mayor magnitud dentro de la categoría, alcanzando 30,8 kt en 2024. De este total, 29,1 kt (94,5 %) correspondieron a la subcategoría 2.B.8, mientras que la subcategoría 2.B.11 aportó 1,7 kt. El incremento observado a partir de 2002 coincide con la incorporación de la producción de etileno en la serie de datos, lo que explica el cambio en la tendencia de este contaminante.

Las emisiones de NO_x alcanzaron 3,3 kt en 2024 y correspondieron principalmente a la subcategoría 2.B.2 (2,5 kt), equivalente al 75,7 % del total. El restante provino principalmente de la subcategoría 2.B.8 (0,8 kt), mientras que la subcategoría 2.B.1 aportó una fracción reducida (0,05 kt). La tendencia de este contaminante fue consistente con la evolución de la producción de ácido nítrico, presentando una disminución en los dos últimos años de la serie.

Por su parte, las emisiones de SO_x alcanzaron 1,5 kt en 2024 y fueron generadas principalmente por la subcategoría 2.B.8 (1,2 kt), seguida por la subcategoría 2.B.11 (0,3 kt). Las emisiones de CO (0,2 kt) también se concentraron en la subcategoría 2.B.8, mientras que la subcategoría 2.B.11 y la subcategoría 2.B.1 presentaron contribuciones marginales.

Las emisiones de PM_{10}, $PM_{2.5}$ y CN fueron generadas exclusivamente por la subcategoría 2.B.8. Producción petroquímica y de negro de humo, principalmente por la producción de dicloruro de etileno, monómero de cloruro de vinilo y negro de humo. En 2024 estas emisiones alcanzaron 0,036 kt, 0,014 kt y $1{,}3\times10^{-3}$ kt, respectivamente, siguiendo una tendencia similar a la evolución de estas actividades industriales.

4.3.2 Aspectos metodológicos de la categoría

Las emisiones de GEI de la industria química se estimaron siguiendo las metodologías establecidas en las Directrices del IPCC, V. 3, Ch.3 (2006), mientras que las emisiones de carbono negro y contaminantes criterio se calcularon con base en la Guía EMEP/EEA (2019h), los capítulos específicos para cada subcategoría se detallan en la Tabla 4-33. Las estimaciones se realizaron mediante hojas de cálculo desarrolladas en Microsoft Excel, siguiendo la estructura metodológica del inventario nacional descrita en la Sección 4.1.3.

Como se observa en la Tabla 4-32, para la estimación de GEI se aplicaron metodologías Tier 1 en las subcategorías 2.B.1. Producción de amoníaco, 2.B.4.a. Producción de caprolactama y 2.B.8. Producción petroquímica y de negro de humo, mientras que para la estimación de carbono negro y contaminantes criterio se emplearon metodologías Tier 1 y Tier 2, dependiendo de la disponibilidad de factores de emisión específicos para cada proceso industrial. En el caso de la producción de amoníaco, la ecuación propuesta por el IPCC considera el CO_2 recuperado para usos posteriores; sin embargo, este término no fue aplicado debido a que en Colombia no se realiza recuperación del CO_2 generado durante el proceso productivo.

La principal mejora metodológica incorporada en este ciclo del inventario correspondió a la categoría 2.B.2. Producción de ácido nítrico, cuya estimación pasó de una metodología Tier 1 empleada en el BTR1 a una metodología Tier 3. Este avance fue posible gracias a la disponibilidad de información específica por planta sobre los procesos de producción y las tecnologías de abatimiento implementadas por las empresas del sector. Si bien la ecuación del Nivel 3 incluye parámetros asociados con la eficiencia de destrucción y el factor de utilización de los sistemas de abatimiento, en la presente estimación estos efectos se encuentran incorporados directamente en los factores de emisión desarrollados para cada instalación y reportados por las empresas del sector. De esta manera, las estimaciones reflejaron de forma explícita las reducciones alcanzadas mediante la implementación de tecnologías para el control de emisiones de N_2O, representando con mayor precisión el desempeño ambiental de la industria nacional.

La estimación de las emisiones de carbono negro y contaminantes criterio en las categorías 2.B.8 y 2.B.11 se realizó mediante metodologías Tier 2 de la Guía EMEP/EEA 2019, empleando factores de emisión diferenciados según la tecnología o el proceso industrial correspondiente. Este enfoque permitió representar de manera más adecuada las diferencias entre las distintas actividades petroquímicas y de manufactura incluidas en la categoría.

Tabla 4-32. Industria química: Aspectos metodológicos

Subcategoría	Contaminante	Nivel (Tier)	No. Ecuación	Ecuación	Fuente
2.B.1. Producción de amoniaco	CO_2	1	V. 3, Ch. 3, Ec. 3.1	$\boldsymbol{Emisiones\ de\ CO_2 = AP * FR * CCF * FOC * \frac{44}{12} - R_{CO2}}$ Donde: AP = Producción de amoníaco, toneladas FR = Requisito de combustibles por unidad de salida, GJ/toneladas de amoníaco producido CCF = Factor del contenido de carbono del combustible, kg. C/GJ FOC = Factor de oxidación de carbono del combustible, fracción R_{CO2} = CO_2 recuperado para utilización ulterior en un proceso secundario, kg En el contexto del país, no se presenta recuperación del CO_2 emitido para su utilización en procesos secundarios, por lo cual el término R_{CO2} es eliminado de la ecuación. Los factores usados se presentan en la Tabla 4-43.	IPCC, 2006
	CO, NH_3, NO_X	1	V. 2, Ch. 2.B., Ec. 1	$\boldsymbol{E_{contaminante} = AR_{Producción} \times EF_{Contaminante}}$ $E_{contaminante}$ = emisión anual del contaminante. $EF_{contaminante}$ = factor de emisión del contaminante. $AR_{producción}$ = tasa de actividad correspondiente.	EMEP/EEA, 2019
2.B.2. Producción de ácido nítrico	N_2O	3	V. 3, Ch. 3, Ec. 3.5	$\boldsymbol{E_{N2O} = \sum_{i,j}[EF_i \times NAP_i \times (1 - DF_j \times ASUF_j)]}$ Donde: E_{N_2O} = emisiones de N_2O (kg). EF_i = factor de emisión de N_2O para la tecnología de tipo i (kg N_2O/tonelada de ácido nítrico producido). NAP_i = producción de ácido nítrico correspondiente a la tecnología de tipo i (toneladas). DF_j = factor de destrucción para la tecnología de reducción de tipo j (fracción). $ASUF_j$ = factor de utilización del sistema de reducción para la tecnología de reducción de tipo j (fracción). El factor de emisión utilizado ya considera DF_j y $ASUF_j$, por loque la ecuación se reduce a la producción por el factor de emisión.	IPCC, 2006
	NO_X	1	V. 2, Ch. 2.B., Ec. 1	$\boldsymbol{E_{contaminante} = AR_{Producción} \times EF_{Contaminante}}$ $E_{contaminante}$ = emisión anual del contaminante. $EF_{contaminante}$ = factor de emisión del contaminante. $AR_{producción}$ = tasa de actividad correspondiente.	EMEP/EEA, 2019
2.B.4.a. Producción de caprolactama	N_2O	1	V. 3, Ch. 3, Ec. 3.9	$\boldsymbol{Emisiones\ de\ N_2O = EF * CP}$ Donde: EF = Factor de emisión de N_2O (por defecto), kg. de N_2O / toneladas de caprolactama producida CP = Producción de caprolactama, toneladas	IPCC, 2006

Subcategoría	Contaminante	Nivel (Tier)	No. Ecuación	Ecuación	Fuente
2.B.8. Producción petroquímica y de negro de humo	CO_2	1	V. 3, Ch. 3, Ec. 3.15	$Emisiones\ de\ CO_{2_i} = PP_i * EF_i * \frac{GAF}{100}$ Donde: PP_i = Producción anual de la sustancia petroquímica primaria i, toneladas EF_i = Factor de emisión de CO_2 para la sustancia petroquímica i, toneladas de CO_2/tonelada de producto producido GAF = Factor de ajuste geográfico para el factor de emisión de CO_2 de Nivel 1 para la producción de etileno, porcentaje	IPCC, 2006
	CH_4	1	V. 3, Ch. 3, Ec. 3.5	$Emisiones\ de\ CH_{4_i} = PP_i * EF_i$ Donde: PP_i = Producción anual de la sustancia petroquímica primaria i, toneladas EF_i = Factor de emisión de CH_4 para la sustancia petroquímica i, toneladas de CH_4/tonelada de producto producido	IPCC, 2006
	2.B.8.b - COVDM 2.B.8.c – COVDM, PM_{10}, $PM_{2.5}$ 2.B.8.f - COVDM, PM_{10}, $PM_{2.5}$, CN, CO, NO_X, SO_X	2	V. 2, Ch. 2.B., Ec. 3	$E_{contaminante} = AR_{Producción} \times EF_{tecnología,contaminante}$ Donde: $E_{contaminante}$= emisión del contaminante especificado. $AR_{producción}$= tasa de actividad correspondiente a la producción. $EF_{tecnología,\ contaminante}$= factor de emisión del contaminante para la tecnología utilizada.	EMEP/EEA, 2019
2.B.11. Otros	2.B.11.a – COVDM 2.B.11.b – COVDM 2.B.11.c – COVDM 2.B.11.d – COVDM, CO 2.B.11.e – SO_X 2.B.11.f – COVDM	2	V. 2, Ch. 2.B., Ec. 3	$E_{contaminante} = AR_{Producción} \times EF_{tecnología,contaminante}$ Donde: $E_{contaminante}$= emisión del contaminante especificado. $AR_{producción}$= tasa de actividad correspondiente a la producción. $EF_{tecnología,\ contaminante}$= factor de emisión del contaminante para la tecnología utilizada.	EMEP/EEA, 2019

4.3.2.1 Datos de actividad de la categoría

2.B.1. Producción de amoniaco: La estimación de las emisiones de la subcategoría 2.B.1. Producción de amoniaco utilizó como dato de actividad la producción anual de amoniaco reportada por la Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (ANDI), a través de la Cámara Procultivos, y complementada con información suministrada por las empresas del sector. Como se observa en la Tabla 4-33, la información se encuentra disponible para toda la serie 1990-2024 y correspondió a la producción nacional expresada originalmente en kilogramos, por lo que como parte del procesamiento del dato de actividad se realizó su conversión a toneladas antes de ser incorporada al cálculo de emisiones. El dato de actividad procesado utilizado en la estimación se presenta en la Tabla 4-34.

Tabla 4-33. Industria química: Fuente de información de datos de actividad para 2.B.1.

Dato de actividad	Periodo	Fuente	Observación
2.B.1. Producción de amoniaco			
Producción de amoniaco	1990-2024	ANDI – Cámara Procultivos y empresas del sector	Se realiza conversión de la unidad original del dato de actividad (kg) a tonelada

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4-34. Industria química: Datos de actividad para la subcategoría 2.B.1. Producción de amoniaco

Año	Producción de amoniaco (t)	Año	Producción de amoniaco (t)	Año	Producción de amoniaco (t)
1990	109.287,0	2002	117.746,0	2014	105.559,0
1991	114.306,3	2003	116.810,0	2015	89.584,0
1992	89.089,0	2004	109.057,0	2016	90.694,0
1993	102.351,1	2005	126.225,0	2017	84.901,0
1994	117.207,6	2006	121.893,0	2018	101.102,0
1995	101.838,3	2007	126.827,0	2019	109.592,0
1996	105.308,0	2008	110.542,9	2020	98.133,0
1997	81.368,0	2009	103.492,0	2021	107.254,0
1998	105.676,0	2010	114.320,0	2022	129.847,0
1999	80.026,0	2011	115.116,0	2023	112.751,0
2000	112.854,0	2012	97.788,0	2024	51.287,0
2001	102.605,0	2013	123.110,0		

Fuente: Elaboración propia con datos de la ANDI y empresas del sector

2.B.2. Producción de ácido nítrico: La estimación de las emisiones de la subcategoría 2.B.2. Producción de ácido nítrico utilizó como dato de actividad la producción anual de ácido nítrico. Como se observa en la Tabla 4-35, para el periodo 1990-2009 la información fue suministrada por la Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (ANDI), a través de la Cámara Procultivos y las empresas del sector, mientras que para el periodo 2010-2024 se empleó información reportada directamente por las empresas productoras para cada una de las plantas (aquí se presenta el consolidado nacional). En ambos casos, la producción se registró originalmente en kilogramos, por lo que como parte del procesamiento del dato de actividad se realizó su conversión a toneladas antes de su incorporación al inventario. El dato de actividad procesado utilizado en la estimación de las emisiones se presenta en la Tabla 4-36.

Tabla 4-35. Industria química: Fuente de información de datos de actividad para 2.B.2.

Dato de actividad	Periodo	Fuente	Observación
2.B.2. Producción de ácido nítrico			
Producción de ácido nítrico	1990-2009	ANDI – Cámara Procultivos y empresas del sector	Se realiza conversión de la unidad original del dato de actividad (kg) a tonelada
	2010-2024	Solicitud de información empresas específicas	Se realiza conversión de la unidad original del dato de actividad (kg) a tonelada

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4-36. Industria química: Datos de actividad para la subcategoría 2.B.2. Producción de ácido nítrico

Año	Producción de ácido nítrico (t)	Año	Producción de ácido nítrico (t)	Año	Producción de ácido nítrico (t)
1990	84.525,4	2002	136.320,0	2014	284.781,1
1991	82.327,5	2003	163.755,0	2015	264.903,6
1992	71.907,4	2004	167.542,4	2016	259.775,1
1993	67.355,0	2005	187.466,2	2017	277.472,0
1994	74.899,2	2006	208.935,0	2018	297.807,9
1995	65.926,9	2007	222.625,7	2019	300.627,2
1996	124.358,4	2008	216.266,7	2020	302.937,5
1997	141.205,3	2009	210.566,0	2021	315.184,5
1998	142.743,4	2010	251.257,5	2022	291.857,4

Año	Producción de ácido nítrico (t)	Año	Producción de ácido nítrico (t)	Año	Producción de ácido nítrico (t)
1999	131.348,3	2011	291.204,4	2023	267.291,8
2000	136.946,1	2012	257.205,8	2024	246.372,6
2001	124.419,0	2013	257.912,7		

Fuente: Elaboración propia con datos de la ANDI y empresas del sector

2.B.4.a. Caprolactama: La estimación de las emisiones de la subcategoría 2.B.4.a. Caprolactama utilizó como dato de actividad la producción anual de caprolactama reportada por la Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (ANDI), a través de la Cámara Procultivos y las empresas del sector, para el periodo 1990-2013. Como se observa en la Tabla 4-37, la información fue reportada originalmente en kilogramos, por lo que como parte del procesamiento del dato de actividad se realizó su conversión a toneladas antes de ser incorporada al inventario. Desde el año 2014 no se registró producción de caprolactama en el país, razón por la cual esta subcategoría no presentó datos de actividad ni emisiones para el periodo 2014-2024. El dato de actividad procesado empleado en la estimación se presenta en la Tabla 4-38.

Tabla 4-37. Industria química: Fuente de información de datos de actividad para 2.B.4.a

Dato de actividad	Periodo	Fuente	Observación
2.B.4.a. Caprolactama			
Producción de caprolactama	1990-2013	ANDI – Cámara Procultivos y empresas del sector	Se realiza conversión de la unidad original del dato de actividad (kg) a tonelada Desde el año 2014, no se registra producción de caprolactama en el país.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4-38. Industria química: Datos de actividad para la subcategoría 2.B.4.a. Caprolactama

Año	Producción de caprolactama (t)	Año	Producción de caprolactama (t)	Año	Producción de caprolactama (t)
1990	26.072,0	1999	29.980,9	2008	28.047,0
1991	30.384,0	2000	29.756,8	2009	29.417,0
1992	26.206,0	2001	23.135,2	2010	28.304,0
1993	23.621,0	2002	28.949,4	2011	29.219,0
1994	19.540,0	2003	31.586,0	2012	26.239,0
1995	24.680,0	2004	31.474,5	2013	15.134,0
1996	30.062,0	2005	31.065,4	2014 - 2024	NO
1997	28.530,7	2006	29.919,4		
1998	26.914,1	2007	32.055,0		

Fuente: Elaboración propia con datos de la ANDI

2.B.8. Producción petroquímica y de negro de humo: La estimación de las emisiones de la categoría 2.B.8. Producción petroquímica y de negro de humo utilizó como datos de actividad la producción anual de etileno, monómero de cloruro de vinilo y negro de humo. Como se observa en la Tabla 4-39, la producción de etileno se obtuvo a partir de información suministrada por Ecopetrol para el periodo 2002-2024, correspondiente a los años en los que se dispuso de registros de producción nacional para este producto. En el caso del monómero de cloruro de vinilo y del negro de humo, los datos para 1992-2024 fueron obtenidos del Anexo 6.2 de la EAM del DANE (2025d), mientras que para 1990 y 1991 la serie fue completada mediante técnicas de empalme, dado que la EAM inicia en 1992. Para estas dos subcategorías, la información reportada originalmente en kilogramos fue convertida a toneladas antes de su incorporación al inventario. Los datos de actividad procesados empleados en la estimación se presentan en la Tabla 4-40.

Tabla 4-39. Industria química: Fuente de información de datos de actividad para 2.B.8.

Fuente: Elaboración propia

Dato de actividad	Periodo	Fuente	Observación
2.B.8.b. Etileno			
Producción de etileno	2002-2024	Ecopetrol	Se contó con datos de producción de etileno desde el año 2002. Los datos fueron actualizados por la fuente.
2.B.8.c. Producción de monómero de cloruro de vinilo			
Producción de monómero cloruro de vinilo	1990-1991	Técnica de empalme	Retroproyección con datos de 1992 y 1993
	1992- 2024	DANE – Encuesta Anual Manufacturera (EAM)	Anexo 6.2 Se realizó conversión de la unidad original del dato de actividad (kg) a tonelada
2.B.8.f. Producción de negro de humo			
Producción de negro de humo	1990-1991	Técnica de empalme	Retroproyección con datos de 1992 y 1993
	1992- 2024	DANE – Encuesta Anual Manufacturera (EAM)	Anexo 6.2 Se realizó conversión de la unidad original del dato de actividad (kg) a tonelada

Tabla 4-40. Industria química: Datos de actividad para la subcategoría 2.B.8. Producción petroquímica y de negro de humo

Año	Producción de etileno (t)	Producción cloruro de polivinilo (t)	Producción de negro de humo	Año	Producción de etileno (t)	Producción cloruro de polivinilo (t)	Producción de negro de humo
1990	NO	91737,6	29.093,2	2008	36.865,0	302517,3	41.015,0
1991	NO	96847,0	27.411,3	2009	36.865,0	225433,8	47.316,1
1992	NO	74893,6	32.229,8	2010	43.164,3	281672,9	50.687,0
1993	NO	134088,3	26.511,6	2011	36.106,4	328917,1	50.171,0
1994	NO	38262,9	35.247,3	2012	41.365,4	309435,2	39.340,2
1995	NO	255150,9	45.307,9	2013	40.099,5	320889,7	41.112,7
1996	NO	204481,6	42.207,3	2014	34.553,3	336830,9	35.567,1
1997	NO	203096,4	43.276,9	2015	52.424,2	369876,1	20.244,4
1998	NO	209408,6	40.302,6	2016	60.944,2	383077,5	38.779,9
1999	NO	202937,1	37.354,0	2017	61.426,0	418128,6	47.495,2
2000	NO	207509,4	47.912,9	2018	55.525,0	406558,3	56.815,5
2001	NO	198735,9	29.860,0	2019	37.309,6	379465,0	47.039,7
2002	45.990,0	230978,9	41.453,0	2020	22.672,3	397211,7	40.431,5
2003	45.990,0	247736,7	51.722,0	2021	32.398,0	396404,0	56.027,5
2004	36.135,0	267717,9	49.676,6	2022	47.054,8	381314,9	62.466,9
2005	53.655,0	273175,0	59.445,8	2023	47.194,1	247206,2	45.977,7
2006	41.610,0	274813,5	60.645,0	2024	48.450,5	219314,5	53.869,6
2007	47.450,0	298525,9	55.192,0				

Fuente: Elaboración propia con datos de Ecopetrol y DANE

2.B.11. Otros: La estimación de las emisiones de la categoría 2.B.11. Otros, utiliza como datos de actividad la producción anual de polietileno, poliestireno, polipropileno, formaldehídos (formol y formalina), ácido sulfúrico y anhídrido ftálico. Como se observa en la Tabla 4-41, para el periodo 2010-2024 la información se obtuvo del Anexo 6.2 de la EAM del DANE (2025d), mientras que para el periodo 1990-2009 las series fueron reconstruidas mediante técnicas de empalme, empleando como variable de proyección la variación anual del producto interno bruto (PIB) reportada por el Banco Mundial (2026a). En todos los casos, los datos reportados originalmente en kilogramos fueron convertidos a toneladas antes de su incorporación al inventario. Los datos de actividad procesados utilizados en la estimación de las emisiones se presentan en la Tabla 4-42.

Tabla 4-41. Industria química: Fuente de información de datos de actividad para 2.B.11.

Dato de actividad	Periodo	Fuente	Observación
2.B.11.a. Polietileno			
Producción de polietileno	1990-2009	Técnica de empalme	Proyectado a partir de variación anual de PIB - Banco Mundial (Datos sustitutos)
	2010- 2024	DANE – Encuesta Anual Manufacturera (EAM)	Anexo 6.2 Se realiza conversión de la unidad original del dato de actividad (kg) a tonelada
2.B.11.b. Poliestireno			
Producción de poliestireno	1990-2009	Técnica de empalme	Proyectado a partir de variación anual de PIB - Banco Mundial (Datos sustitutos)
	2010- 2024	DANE – Encuesta Anual Manufacturera (EAM)	Anexo 6.2 Se realiza conversión de la unidad original del dato de actividad (kg) a tonelada
2.B.11.c. Polipropileno			
Producción de polipropileno	1990-2009	Técnica de empalme	Proyectado a partir de variación anual de PIB - Banco Mundial (Datos sustitutos)
	2010- 2024	DANE – Encuesta Anual Manufacturera (EAM)	Anexo 6.2 Se realiza conversión de la unidad original del dato de actividad (kg) a tonelada
2.B.11.d. Formaldehído			
Producción de formaldehídos-formol, formalina	1990-2009	Técnica de empalme	Proyectado a partir de variación anual de PIB - Banco Mundial (Datos sustitutos)
	2010- 2024	DANE – Encuesta Anual Manufacturera (EAM)	Anexo 6.2 Se realiza conversión de la unidad original del dato de actividad (kg) a tonelada
2.B.11.e. Ácido sulfúrico			
Producción de ácido sulfúrico	1990-2009	Técnica de empalme	Proyectado a partir de variación anual de PIB - Banco Mundial (Datos sustitutos)
	2010- 2024	DANE – Encuesta Anual Manufacturera (EAM)	Anexo 6.2 Se realiza conversión de la unidad original del dato de actividad (kg) a tonelada
2.B.11.f. Anhídro ftálico			
Producción de anhídrido ftálico	1990-2009	Técnica de empalme	Proyectado a partir de variación anual de PIB - Banco Mundial (Datos sustitutos)
	2010- 2024	DANE – Encuesta Anual Manufacturera (EAM)	Anexo 6.2 Se realiza conversión de la unidad original del dato de actividad (kg) a tonelada

Tabla 4-42. Industria química: Datos de actividad para la subcategoría 2.B.11. Otros

Año	Producción de polietileno (t)	Producción de poliestireno (t)	Producción de polipropileno (t)	Producción de formaldehídos-formol, formalina (t)	Producción de ácido sulfúrico (t)	Producción de anhídrido ftálico (t)
1990	260,4	38.631,7	67.166,1	2.237,6	41.199,6	1.248,0
1991	265,7	39.420,7	68.538,0	2.283,3	42.041,1	1.273,5
1992	276,9	41.082,5	71.427,2	2.379,6	43.813,3	1.327,2
1993	292,7	43.420,8	75.492,8	2.515,0	46.307,2	1.402,8
1994	310,7	46.101,5	80.153,4	2.670,3	49.166,0	1.489,4
1995	327,8	48.631,5	84.552,2	2.816,8	51.864,2	1.571,1
1996	334,7	49.652,3	86.327,0	2.876,0	52.952,8	1.604,1
1997	346,5	51.416,0	89.393,4	2.978,1	54.833,8	1.661,1
1998	348,5	51.710,7	89.905,7	2.995,2	55.148,0	1.670,6
1999	334,5	49.624,4	86.278,5	2.874,4	52.923,1	1.603,2

Año	Producción de polietileno (t)	Producción de poliestireno (t)	Producción de polipropileno (t)	Producción de formaldehídos-formol, formalina (t)	Producción de ácido sulfúrico (t)	Producción de anhídrido ftálico (t)
2000	344,5	51.119,6	88.878,1	2.961,0	54.517,7	1.651,5
2001	350,4	51.992,0	90.394,8	3.011,5	55.448,0	1.679,7
2002	359,4	53.327,3	92.716,4	3.088,8	56.872,1	1.722,8
2003	374,1	55.502,0	96.497,5	3.214,8	59.191,4	1.793,1
2004	395,2	58.628,7	101.933,6	3.395,9	62.525,9	1.894,1
2005	415,2	61.603,4	107.105,5	3.568,2	65.698,3	1.990,2
2006	445,1	66.039,1	114.817,6	3.825,1	70.428,9	2.133,5
2007	477,3	70.810,5	123.113,2	4.101,5	75.517,5	2.287,6
2008	493,5	73.214,4	127.292,8	4.240,7	78.081,2	2.365,3
2009	499,1	74.058,4	128.760,2	4.289,6	78.981,3	2.392,6
2010	522,6	77.543,8	134.819,9	4.491,5	82.698,3	2.505,2
2011	33.285,1	77.653,5	230.669,6	8.485,0	116.758,5	1.076,3
2012	36.348,7	86.178,9	200.064,6	9.859,1	101.233,5	17.555,7
2013	10.655,2	86.346,8	226.428,1	11.298,6	95.489,0	14.445,3
2014	32.664,2	93.747,7	385.853,9	6.826,6	89.092,3	14.182,3
2015	93.213,1	77.951,4	443.080,2	6.695,1	101.876,8	3.411,4
2016	117.686,0	80.456,6	445.145,3	7.929,6	132.109,9	6.079,7
2017	105.265,4	85.942,0	439.999,0	7.719,8	117.653,1	10.572,7
2018	51.630,2	85.862,1	429.951,4	6.454,2	103.520,8	2.138,0
2019	31.682,8	94.717,6	498.160,4	6.674,9	136.077,0	1.201,8
2020	15.444,7	81.556,8	448.575,8	6.193,8	150.964,4	1.182,7
2021	24.114,2	98.552,8	499.761,3	5.614,3	108.969,9	909,8
2022	33.578,5	88.291,0	469.226,0	4.979,9	95.918,4	1.640,1
2023	43.862,8	92.580,8	441.667,1	4.541,3	95.083,0	1.449,9
2024	36.330,8	83.288,3	333.084,7	3.723,9	101.222,3	1.265,0

Fuente: Elaboración propia con datos del DANE

4.3.2.2 Factores de emisión aplicados en la categoría

Los factores de emisión empleados para la estimación de los GEI, el carbono negro y los contaminantes criterio de la industria química se presentan en la Tabla 4-43. Para las emisiones de GEI se utilizaron principalmente los factores por defecto de las Directrices del IPCC de 2006, V.3, Ch. 3 (Harnisch et al., 2006), mientras que para el carbono negro y los contaminantes criterio se emplearon los factores de emisión de la Guía EMEP/EEA (2019h), de acuerdo con el nivel metodológico aplicado en cada subcategoría.

La principal actualización correspondió a la categoría 2.B.2. Producción de ácido nítrico, en la cual se reemplazó el factor de emisión por defecto utilizado en el BTR1 por factores de emisión específicos para cada planta de producción. Estos factores fueron desarrollados a partir de información suministrada por las empresas en el marco del proyecto NACAG (Nitric Acid Climate Action Group) en Colombia y de información adicional reportada directamente por las instalaciones. Estos factores reflejaron las condiciones reales de operación de cada planta e incorporan el efecto de las tecnologías de abatimiento implementadas para la reducción de emisiones de N_2O, permitiendo representar con mayor precisión el desempeño ambiental del sector. Como resultado, se evidenció una reducción progresiva de los factores de emisión en aquellas plantas donde se han fortalecido las medidas de control, especialmente durante los últimos años de la serie.

Para las demás subcategorías se mantuvieron los factores de emisión por defecto recomendados por las Directrices del IPCC de 2006 y la Guía EMEP/EEA 2019, de acuerdo con la disponibilidad de información y el nivel metodológico adoptado para cada fuente.

Tabla 4-43. Industria química: factores de emisión aplicados por fuente de GEI, carbono negro y contaminantes criterio

Subcategoría	Fuente FE	Nivel (Tier)	Clasificación	Contaminante	Valor	Unidad
2.B.1. Producción de amoníaco	IPCC, 2006 (V. 3, Ch. 3, Ec. 3.1)	1	Factor de contenido de carbono de combustible	CO_2	15,3	kg C/GJ
		1	Fracción de oxidación del carbono	CO_2	1,0	N.A.
		1	Relación masa C vs masa CO_2	CO_2	3,67	N.A.
	EMEP/EEA, 2019, V. 2, Ch. 2.B, Tabla 3.2	1	N.A.	NO_X	1,0	kg / t NH_3
		1		CO	0,1	kg / t NH_3
		1		NH_3	1,0E-02	kg / t NH_3
2.B.2. Producción de ácido nítrico	South Pole – Proyecto NACAG en Colombia	3	Todas las plantas 1990 - 2009	N_2O	7,52	kg N_2O/t
	Solicitud de información empresa específica	3	Planta 1 2010 - 2019		7,20	kg N_2O/t
			Planta 1 2020		7,07	kg N_2O/t
			Planta 1 2021		5,52	kg N_2O/t
			Planta 1 2022		7,39	kg N_2O/t
			Planta 1 2023		0,67	kg N_2O/t
			Planta 1 2024		0,10	kg N_2O/t
	Solicitud de información empresa específica	3	Planta 2 2010 - 2019		7,20	kg N_2O/t
			Planta 2 2020		7,57	kg N_2O/t
			Planta 2 2021		5,94	kg N_2O/t
			Planta 2 2022		7,23	kg N_2O/t
			Planta 2 2023		6,51	kg N_2O/t
			Planta 2 2024		0,44	kg N_2O/t
	Solicitud de información empresa específica	3	Planta 3 2010 - 2019		7,20	kg N_2O/t
			Planta 3 2020		6,68	kg N_2O/t
			Planta 3 2021		5,41	kg N_2O/t
			Planta 3 2022		6,57	kg N_2O/t
			Planta 3 2023		6,50	kg N_2O/t
			Planta 3 2024		3,92	kg N_2O/t
	Solicitud de información empresa específica	3	Planta 4 2010 - 2024		7,52	kg N_2O/t
	EMEP/EEA, 2019, V. 2, Ch. 2.B, Tabla 3.3	1	N.A.	NO_X	10.000,0	g NO_X / t

Subcategoría	Fuente FE	Nivel (Tier)	Clasificación	Contaminante	Valor	Unidad
2.B.4. Producción de caprolactama, glioxal y ácido glioxílico - *2.B.4.a. Caprolactama*	IPCC, 2006, V. 3, Ch. 3, Cuadro 3.5	1	N.A.	N_2O	9,0	kg N_2O/t
2.B.8. Producción petroquímica y de negro de humo	IPCC, 2006 (V. 3, Ch. 3, Cuadro 3.15)	1	Factor de ajuste geográfico	CO_2	1,1	N.A.
2.B.8.b. Etileno	IPCC, 2006, V. 3, Ch. 3, Cuadro 3.14	1	N.A.	CO_2	0,95	t CO_2 / t
	IPCC, 2006, V. 3, Ch. 3, Cuadro 3.15	1	N.A.	CH_4	6,0	kg CH_4 / t
	EMEP/EEA, 2019, V. 2, Ch. 2.B, Tabla 3.36	2	N.A.	COVDM	0,6	t COVDM / t
2.B.8.c. Dicloruro de etileno y monómero de cloruro de vinilo	IPCC, 2006, V. 3, Ch. 3, Cuadro 3.17	1	N.A.	CO_2	2,94E-01	t CO_2 / t
	IPCC, 2006, V. 3, Ch. 3, Cuadro 3.19	1	N.A.	CH_4	2,26E-02	kg CH_4 / t
	EMEP/EEA, 2019, V. 2, Ch. 2.B, Tabla 3.41	2	N.A.	COVDM	9,60E-02	kg COVDM /t
	EMEP/EEA, 2019, V. 2, Ch. 2.B, Tabla 3.41	2	N.A.	PM_{10}	0,1	kg PM_{10} / t
	EMEP/EEA, 2019, V. 2, Ch. 2.B, Tabla 3.41	2	N.A.	$PM_{2.5}$	5,00E-03	kg $PM_{2.5}$ / t
2.B.8.f. Negro de humo	IPCC, 2006, V. 3, Ch. 3, Cuadro 3.23	1	N.A.	CO_2	2,62	t CO_2 / t
	IPCC, 2006, V. 3, Ch. 3, Cuadro 3.24	1	N.A.	CH_4	0,06	kg CH_4 / t
	EMEP/EEA, 2019, V. 2, Ch. 2.B, Tabla 3.30	2	N.A.	COVDM	0,7	kg COVDM / t
		2	N.A.	PM_{10}	0,27	kg PM_{10} / t
		2	N.A.	$PM_{2.5}$	0,24	kg $PM_{2.5}$ / t
		2	N.A.	NO_X	15,0	kg NO_X / t
		2	N.A.	CO	3,0	kg CO / t
		2	N.A.	SO_X	22,0	kg SO_X / t
		2	N.A.	CN	0,1	% $PM_{2.5}$
2.B.11.a. Polietileno	EMEP/EEA, 2019, V. 2, Ch. 2.B, Tabla 3.39	2	N.A.	COVDM	2,4	kg COVDM / t
2.B.11.b. Poliestireno	EMEP/EEA, 2019, V. 2,	2	N.A.	COVDM	3,2	kg COVDM / t

Subcategoría	Fuente FE	Nivel (Tier)	Clasificación	Contaminante	Valor	Unidad
	Ch. 2.B, Tabla 3.47					
2.B.11.c. Polipropileno	EMEP/EEA, 2019, V. 2, Ch. 2.B, Tabla 3.43	2	N.A.	COVDM	4,0	kg COVDM / t
2.B.11.d. Formaldehído	EMEP/EEA, 2019, V. 2, Ch. 2.B, Tabla 3.54	2	N.A.	COVDM	1,5	kg COVDM / t
		2	N.A.	CO	0,2	kg CO / t
2.B.11.e. Ácido sulfúrico	EMEP/EEA, 2019, V. 2, Ch. 2.B, Tabla 3.22	2	N.A.	SO_X	3,0	kg SO_X / t
2.B.11.f. Anhídro ftálico	EMEP/EEA, 2019, V. 2, Ch. 2.B, Tabla 3.57	2	N.A.	COVDM	1,3	kg COVDM / t

Fuente: Elaboración propia a partir de IPCC (2006), EMEP/EEA (2019), South Pole – Proyecto NACAG y empresas del sector.

4.3.3 Descripción de flexibilidad aplicada en la categoría

No se aplicó ninguna flexibilidad.

4.3.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría

Tabla 4-44. Resultados de incertidumbre (%) por propagación del error para 2.B. Industria química

Subcategoría	Cont	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
2.B. Industria química	Todos	5,0	5,4	5,4	5,3	3,5	4,0	3,9	3,9	3,7	3,6	4,9
2.B.1. producción de amoníaco	CO2	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8
2.B.2. Producción de ácido nítrico	N2O	10,5	10,5	10,5	10,5	3,6	3,7	3,6	3,7	3,7	4,0	5,3
2.B.4.a. Caprolactama	N2O	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.B.8.b. Etileno	Todos	NO	NO	NO	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1
2.B.8.b. Etileno	CH4	NO	NO	NO	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6
2.B.8.b. Etileno	CO2	NO	NO	NO	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2
2.B.8.c. Dicloruro de etileno y monómero cloruro de vinilo	Todos	25,4	25,4	25,4	25,4	25,4	25,4	25,4	25,4	25,4	25,4	25,4
2.B.8.c. Dicloruro de etileno y monómero cloruro de vinilo	CH4	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1
2.B.8.c. Dicloruro de etileno y monómero cloruro de vinilo	CO2	25,5	25,5	25,5	25,5	25,5	25,5	25,5	25,5	25,5	25,5	25,5
2.B.8.f. Negro de humo	Todos	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0
2.B.8.f. Negro de humo	CH4	42,8	42,8	42,8	42,8	42,8	42,8	42,8	42,8	42,8	42,8	42,8
2.B.8.f. Negro de humo	CO2	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0

En la Tabla 4-44 se presentan los resultados de incertidumbre para la categoría 2.B. Industria química durante el periodo 1990-2024. La incertidumbre promedio histórica fue de ±4,74 %. En 1990, la incertidumbre fue de ±5,05 %, mientras que en 2024 alcanzó ±4,92 %, lo que representa una reducción relativa del 2,52 %, equivalente a 0,13 puntos porcentuales.

Entre 1990 y 2009, la incertidumbre presentó un comportamiento relativamente estable, con valores cercanos al 5 % y 6 %, y alcanzó su máximo en 2008, con ±5,89 %. En 2010 se produjo una reducción importante hasta ±3,51 %, valor mínimo de la serie. Entre 2010 y 2023, la incertidumbre se mantuvo aproximadamente entre ±3,5 % y ±4,1 %. En 2024 aumentó a ±4,92 %, equivalente a un incremento de 36,92 % frente a 2023.

En 2024, la subcategoría con mayor incertidumbre fue 2.B.8.c. Producción de dicloruro de etileno y monómero de cloruro de vinilo, con ±25,44 %, seguida de 2.B.8.b. Producción de etileno, con ±13,12 %; 2.B.8.f. Producción de negro de humo, con ±9,01 %; 2.B.1. Producción de amoníaco, con ±5,83 %; y 2.B.2. Producción de ácido nítrico, con ±5,26 %.

La producción de amoníaco mantuvo una incertidumbre constante de ±5,83 % durante toda la serie. De manera similar, las incertidumbres agregadas de la producción de dicloruro de etileno y monómero de cloruro de vinilo y de negro de humo permanecieron constantes en ±25,44 % y ±9,01 %, respectivamente. Para la producción de etileno se reportan resultados desde 2002, con una incertidumbre constante de ±13,12 %.

La producción de ácido nítrico presentó una reducción importante en 2010, cuando la incertidumbre del N_2O pasó de ±10,45 % a ±3,62 %. Posteriormente, permaneció cercana al 3,6 % y 4,0 % hasta 2023, pero aumentó a ±5,26 % en 2024. Para la producción de caprolactama se reportó una incertidumbre de ±20,62 % para el N_2O hasta 2013; a partir de 2014, esta subcategoría aparece como no aplicable en los resultados suministrados.

En términos generales, la incertidumbre agregada de la industria química es inferior a la de varios procesos individuales, debido a la participación relativa de cada fuente en las emisiones totales. Las incertidumbres constantes observadas en varias subcategorías indican que se mantuvieron los mismos supuestos para los datos de actividad y los factores de emisión a lo largo de los años correspondientes.

4.3.5 AC/CC de la categoría

Además de las actividades transversales de control y aseguramiento de la calidad aplicadas a la totalidad del inventario, para la categoría 2.B. Industria química se implementaron los siguientes procedimientos específicos:

- Se verificó la integridad y consistencia de las bases de datos B0, B2, F2 y SectorCal correspondientes a las subcategorías estimadas de la categoría 2.B, garantizando que los datos de actividad, factores de emisión y demás parámetros empleados en los cálculos fueran consistentes con la estructura estandarizada del inventario y estuvieran debidamente documentados.
- Se compararon las emisiones estimadas para las diferentes subcategorías de la industria química con las reportadas en el ciclo anterior del inventario, tanto a nivel de serie temporal como de resultados agregados, con el fin de identificar variaciones significativas y verificar que estas respondieran a actualizaciones en los datos de actividad, recálculos, mejoras metodológicas o a otros cambios debidamente sustentados.
- Se revisó la consistencia de los datos de actividad utilizados frente a las fuentes oficiales de información y a la información suministrada por las entidades y gremios sectoriales correspondientes, verificando la coherencia de las tendencias observadas con el comportamiento de la producción nacional de los diferentes productos químicos incluidos en la categoría.
- Los resultados obtenidos para la categoría fueron socializados con las entidades proveedoras de información y demás actores técnicos relacionados con la industria química, con el propósito de validar la coherencia de las estimaciones, fortalecer la transparencia del proceso e identificar oportunidades de mejora para futuros ciclos del inventario.

4.3.6 Nuevos cálculos de la categoría

Los nuevos cálculos realizados en la categoría 2.B. Industria química obedecieron principalmente a la mejora metodológica implementada en 2.B.2. Producción de ácido nítrico, asociada al paso de una metodología Tier 1 en el BTR1 a una metodología Tier 3 en el presente inventario. Esta mejora permitió utilizar información específica por planta y factores de emisión que reflejaron las condiciones de operación y la implementación de tecnologías de abatimiento de N_2O. Como resultado, las emisiones de esta subcategoría disminuyeron en toda la serie 1990-2021 respecto al BTR1, con reducciones de 16,4 % entre 1990 y 2009 y variaciones menores en la mayor parte del periodo 2010-2020. En 2021 se presentó la mayor diferencia absoluta, con una reducción de 110,8 kt CO_2eq frente al BTR1.

En 2.B.1. Producción de amoníaco se presentaron ajustes desde la fuente de información en algunos años (2010-2015, 2017). En 2012 las emisiones aumentaron 21,1 kt CO_2eq (14,6 %), mientras que en 2017 disminuyeron 38,8 kt CO_2eq (21,2 %). Estos cambios tuvieron efectos de 2,2 % y -3,5 % sobre el total de la categoría 2.B, respectivamente. Para los demás años, las diferencias fueron nulas o marginales.

Tabla 4-45. Industria química: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2) (kt CO_2eq)

Subcategoría	Reporte	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021
2.B.1. Producción de amoníaco	BTR1	185,2	172,5	191,2	213,9	193,7	151,5	166,3	181,7
2.B.1. Producción de amoníaco	BTR2	185,2	172,5	191,2	213,9	193,7	151,8	166,3	181,7
2.B.1. Producción de amoníaco	Diferencia	0,0	0,0	0,0	0,0	- 0,0	0,3	0,0	0,0
2.B.1. Producción de amoníaco	Diferencia (%)	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,2 %	0,0 %	0,0 %
2.B.1. Producción de amoníaco	**Efecto en total de subcategoría 2.B (%)**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**
2.B.1. Producción de amoníaco	**Efecto en total neto de subcategoría 2.B (%)**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**
2.B.2. Producción de ácido nítrico	BTR1	201,6	157,2	326,6	447,1	499,8	528,4	605,7	629,6
2.B.2. Producción de ácido nítrico	BTR2	168,4	131,4	272,9	373,6	485,7	512,7	581,2	518,8
2.B.2. Producción de ácido nítrico	Diferencia	- 33,2	- 25,9	- 53,7	- 73,5	- 14,1	- 15,7	- 24,5	- 110,8
2.B.2. Producción de ácido nítrico	Diferencia (%)	-16,4 %	-16,4 %	-16,4 %	-16,4 %	-2,8 %	-3,0 %	-4,1 %	-17,6 %
2.B.2. Producción de ácido nítrico	**Efecto en total de subcategoría 2.B (%)**	**-6,0 %**	**-4,4 %**	**-6,9 %**	**-7,1 %**	**-1,4 %**	**-1,7 %**	**-2,4 %**	**-9,9 %**
2.B.2. Producción de ácido nítrico	**Efecto en total neto de subcategoría 2.B (%)**	**-6,0 %**	**-4,4 %**	**-6,9 %**	**-7,1 %**	**-1,4 %**	**-1,7 %**	**-2,4 %**	**-9,9 %**
2.B.4. Producción de caprolactama, glioxal y ácido glioxílico	BTR1	62,2	58,9	71,0	74,1	67,5	NO	NO	NO
2.B.4. Producción de caprolactama, glioxal y ácido glioxílico	BTR2	62,2	58,9	71,0	74,1	67,5	NO	NO	NO
2.B.4. Producción de caprolactama, glioxal y ácido glioxílico	Diferencia	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2.B.4. Producción de caprolactama, glioxal y ácido glioxílico	Diferencia (%)	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	NO	NO	NO
2.B.4. Producción de caprolactama, glioxal y ácido glioxílico	**Efecto en total de subcategoría 2.B (%)**	***0,0 %***	***0,0 %***	***0,0 %***	***0,0 %***	***0,0 %***	**NO**	**NO**	**NO**
2.B.4. Producción de caprolactama, glioxal y ácido glioxílico	**Efecto en total neto de subcategoría 2.B (%)**	***0,0 %***	***0,0 %***	***0,0 %***	***0,0 %***	***0,0 %***	**NO**	**NO**	**NO**
2.B.8. Producción petroquímica y de negro de humo	BTR1	103,3	194,0	186,8	301,4	263,7	233,0	254,9	309,9

Subcategoría	Reporte	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021
2.B.8. Producción petroquímica y de negro de humo	BTR2	103,3	194,0	186,8	301,4	268,2	225,6	250,5	303,0
2.B.8. Producción petroquímica y de negro de humo	Diferencia	0,0	0,0	0,0	0,0	4,5	- 7,3	- 4,4	- 6,9
2.B.8. Producción petroquímica y de negro de humo	Diferencia (%)	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	1,7 %	-3,2 %	-1,7 %	-2,2 %
2.B.8. Producción petroquímica y de negro de humo	**Efecto en total de subcategoría 2.B (%)**	***0,0 %***	***0,0 %***	***0,0 %***	***0,0 %***	***0,4 %***	***-0,8 %***	***-0,4 %***	***-0,6 %***
2.B.8. Producción petroquímica y de negro de humo	**Efecto en total neto de subcategoría 2.B (%)**	***0,0 %***	***0,0 %***	***0,0 %***	***0,0 %***	***0,4 %***	***-0,8 %***	***-0,4 %***	***-0,6 %***
2.B. Industria química	BTR1	552,2	582,6	775,5	1.036,5	1.024,7	912,8	1.026,9	1.121,2
2.B. Industria química	BTR2	519,1	556,7	721,8	962,9	1.015,1	890,1	998,0	1.003,5
2.B. Industria química	Diferencia	- 33,2	- 25,9	- 53,7	- 73,5	- 9,5	- 22,7	- 29,0	- 117,7
2.B. Industria química	Diferencia (%)	-6,0 %	-4,4 %	-6,9 %	-7,1 %	-0,9 %	-2,5 %	-2,8 %	-10,5 %
2.B. Industria química	**Efecto en total de sector (%)**	***-0,8 %***	***-0,5 %***	***-1,1 %***	***-1,1 %***	***-0,1 %***	***-0,2 %***	***-0,3 %***	***-1,0 %***
2.B. Industria química	**Efecto en total neto de sector (%)**	***-0,8 %***	***-0,5 %***	***-1,1 %***	***-1,1 %***	***-0,1 %***	***-0,2 %***	***-0,3 %***	***-1,0 %***
2. IPPU	BTR1	4.124,2	5.618,8	4.875,6	6.848,7	6.976,0	9.102,6	10.604,0	11.721,5
2. IPPU	BTR2	4.272,8	5.672,0	4.865,1	6.830,4	6.973,0	9.149,9	10.711,7	11.342,7
2. IPPU	**Diferencia3**	**148,6**	**53,2**	**- 10,5**	**- 18,3**	**- 2,9**	**47,3**	**107,6**	**- 378,8**
2. IPPU	**Diferencia (%)**	**3,6 %**	**0,9 %**	**-0,2 %**	**-0,3 %**	**0,0 %**	**0,5 %**	**1,0 %**	**-3,2 %**

3 Las diferencias reportadas para el total del sector 2. IPPU reflejan el efecto conjunto de las actualizaciones implementadas en todas las categorías del sector entre el BTR1 y el BTR2 y no únicamente de las modificaciones realizadas en la categoría 2.B.

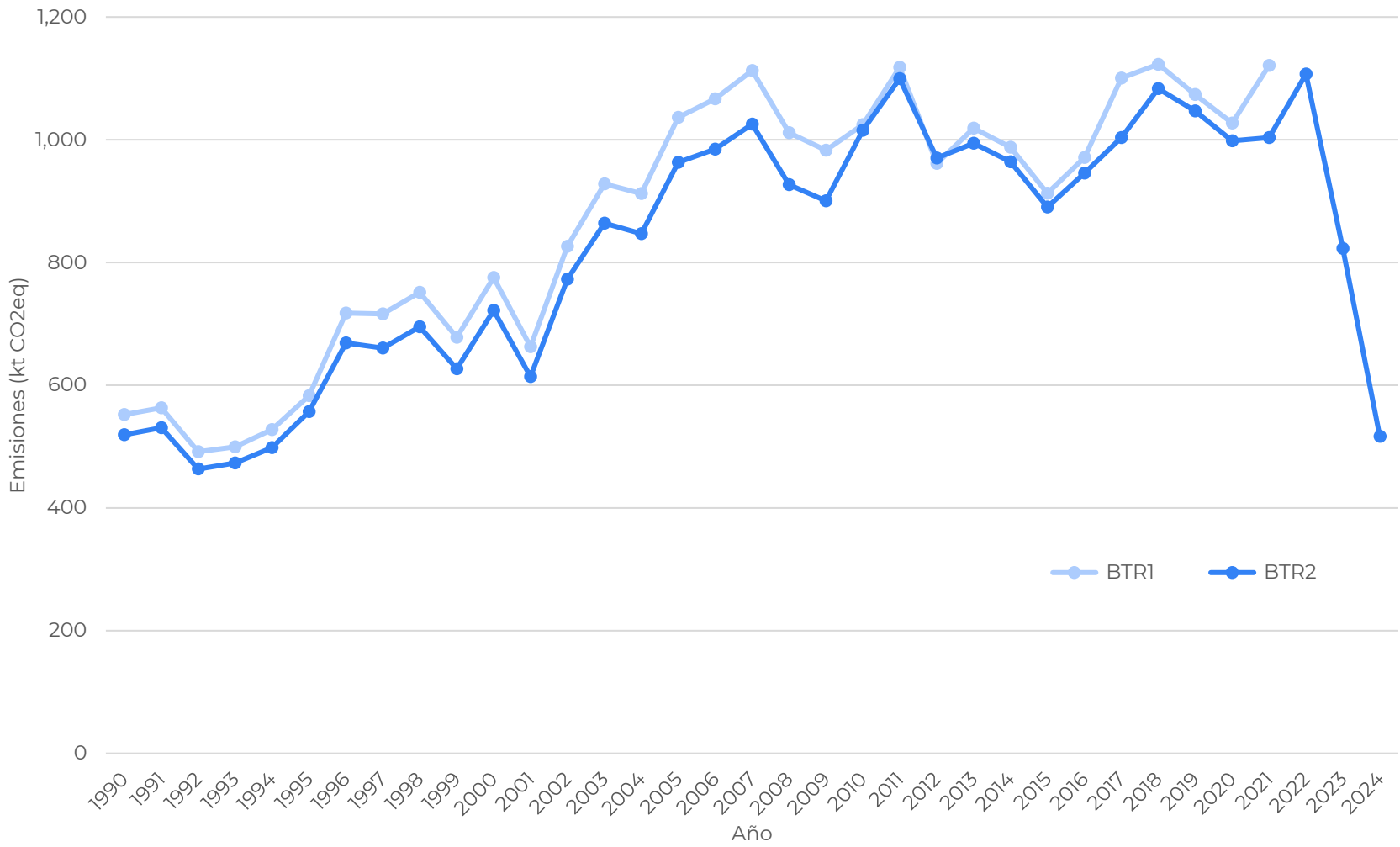


Figura 4-17. Industria química: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2), 1990-2024

Fuente: Elaboración propia

En la subcategoría 2.B.8. Producción petroquímica y de negro de humo se observaron ajustes menores a partir de 2010, asociados principalmente a la actualización de los datos de producción de etileno por parte de la fuente de información. Estas diferencias modificaron las emisiones estimadas de 2.B.8.b, con variaciones generalmente inferiores a 4 % respecto al BTR1. El mayor efecto sobre el total de la categoría 2.B se presentó en 2016, con una reducción de 1,1 %.

4.3.7 Mejoras planeadas de la categoría

En el marco del presente ciclo del inventario se dio cumplimiento a una de las principales actividades de mejora identificadas en el BTR1, correspondiente al incremento del nivel metodológico para la estimación de la subcategoría 2.B.2. Producción de ácido nítrico, mediante la implementación de una metodología de mayor nivel de detalle sustentada en información nacional. Esta mejora permitió fortalecer la representatividad de las estimaciones y reducir la incertidumbre asociada a esta categoría clave.

Como parte de la estrategia de mejora continua del inventario, se mantiene como actividad prioritaria completar la serie de tiempo de la subcategoría 2.B.11. Otros utilizando la información histórica de la EAM del DANE para el periodo 1992-2009 y no datos proyectados, una vez se disponga de los datos requeridos como se plantea en la siguiente tabla.

Tabla 4-46. Industria química: Plan de mejora

Subcategoría	Actividad propuesta de mejora	Periodo	Actores	Priorización
2.B.11. Otros	Completar la serie de tiempo con los datos directamente de la EAM del DANE para el periodo en que se encuentre disponible la información.	1992-2009	Ideam	BTR3 - 2028

4.4 Industria de los metales (CRT 2.C)

4.4.1 Descripción y tendencia de las emisiones y absorciones atmosféricas de la categoría

De acuerdo con las Directrices del IPCC (2006a), estas emisiones se originan principalmente por las reacciones químicas de reducción de los óxidos metálicos mediante agentes reductores ricos en carbono y por otros procesos metalúrgicos asociados a la producción de metales (Marks et al., 2006).

En Colombia se estimaron las emisiones correspondientes a las subcategorías 2.C.1. Producción de hierro y acero, 2.C.2. Producción de ferroaleaciones y 2.C.5. Producción de plomo (Figura 4-18). La subcategoría 2.C.1 comprende la producción de acero, arrabio y sinterizado. En este proceso las emisiones de CO_2 se generan principalmente por el uso del carbono como agente reductor para convertir los óxidos de hierro en hierro metálico y por las reacciones que ocurren durante la producción de sinterizado (Marks et al., 2006), mientras que las emisiones de CH_4 y de contaminantes criterio se asocian principalmente a las operaciones de sinterización, producción de arrabio y fabricación de acero (Berdowski, Van Der Most, Slager, et al., 2019).

La subcategoría 2.C.2. Producción de ferroaleaciones corresponde en Colombia a la producción de ferroníquel. En este proceso las emisiones de CO_2 se generan por la reducción carbotérmica de los minerales utilizando coque, carbón o carbón vegetal como agentes reductores (Marks et al., 2006), mientras que las emisiones de material particulado y otros contaminantes se producen durante las etapas de fundición y manejo de materias primas(Kuenen, 2019).

Por su parte, la subcategoría 2.C.5. Producción de plomo considera únicamente la producción de plomo secundario a partir del reciclaje de baterías usadas de plomo-ácido. De acuerdo con la guía EMEP/EEA (Berdowski, Van Der Most, Veldt, et al., 2019), en este tipo de producción las emisiones de proceso se generan principalmente durante las etapas de preparación de la chatarra, fundición y refinación del plomo reciclado, siendo las emisiones de material particulado y óxidos de azufre las más representativas de este proceso.

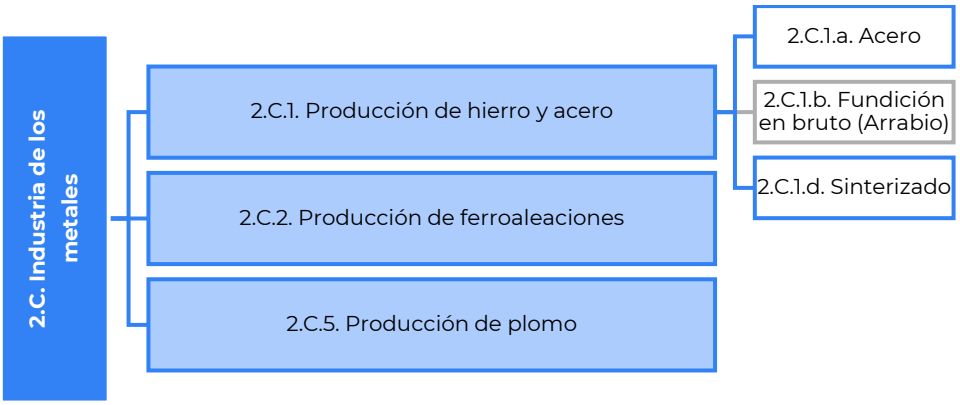


Figura 4-18. Industria de los metales: Subcategorías estimadas en la categoría Industria de los metales

Como se observa en la Tabla 4-47 y la Figura 4-19 la categoría 2.C. Industria de los metales emitió 790,2 kt CO_2eq en 2024, lo que correspondió al 6,8 % de las emisiones del sector IPPU en ese año. Entre 1990 y 2024 las emisiones aumentaron un 15,7 %, al pasar de 682,8 kt CO_2eq a 790,2 kt CO_2eq. Entre el último año reportado en el BTR1 (2021) y 2024 las emisiones disminuyeron un 18,7 %, pasando de 972,1 kt CO_2eq a 790,2 kt CO_2eq.

Tabla 4-47. Industria de los metales: Emisiones totales de GEI por categoría y subcategoría (kt CO_2eq)

Fuente	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
2.C. Industria de los metales	**682,8**	**803,0**	**728,1**	**832,6**	**414,0**	**1.098,3**	**978,3**	**972,1**	**796,6**	**924,1**	**790,2**
2.C.1. Producción de hierro y acero	599,7	692,3	624,0	593,1	163,7	877,8	773,0	755,9	536,1	674,7	547,6
2.C.1.a. Acero	573,3	661,4	596,3	567,6	160,5	839,9	740,0	724,4	515,2	647,3	526,0
2.C.1.d. Sinterizado	26,4	30,8	27,7	25,5	3,2	37,9	33,1	31,5	20,9	27,4	21,6
2.C.2. Producción de ferroaleaciones	83,0	110,7	102,6	236,8	243,6	215,0	201,1	212,1	256,0	244,5	237,5
2.C.5. Producción de plomo	NO	NO	1,5	2,7	6,7	5,5	4,2	4,1	4,5	4,9	5,0

Fuente: Elaboración propia

La subcategoría 2.C.1. Producción de hierro y acero fue la principal fuente de emisiones durante toda la serie temporal y representó el 69,3 % de las emisiones de la categoría en 2024, seguida por la subcategoría 2.C.2. Producción de ferroaleaciones, con 30,1 %, mientras que la subcategoría 2.C.5. Producción de plomo aportó únicamente 0,6 %. Como se observa en la Figura 4-19, las variaciones de la categoría estuvieron determinadas principalmente por el comportamiento de la subcategoría 2.C.1, debido a su mayor contribución relativa.

Las emisiones de la subcategoría 2.C.1. Producción de hierro y acero disminuyeron de 599,7kt CO_2eq en 1990 a 547,6kt CO_2eq en 2024 (-8,7 %), aunque durante la serie presentaron fluctuaciones importantes. Dentro de esta categoría, la subcategoría 2.C.1.a. Acero concentró la mayor parte de las emisiones, mientras que la subcategoría 2.C.1.d contribuyó con una fracción menor, inferior al 4 % del total de la categoría durante todo el periodo analizado.

Por su parte, la subcategoría 2.C.2. Producción de ferroaleaciones incrementó sus emisiones de 83,0kt CO_2eq en 1990 a 237,5kt CO_2eq en 2024, lo que representó un aumento de 186,1 %. Su participación dentro de la categoría aumentó progresivamente a lo largo de la serie, consolidándose como la segunda fuente de emisiones de la industria de los metales. En contraste, la subcategoría 2.C.5. Producción de plomo presentó emisiones bajas durante toda la serie, alcanzando 5,0 kt CO_2eq en 2024, equivalentes al 0,6 % del total de la categoría.

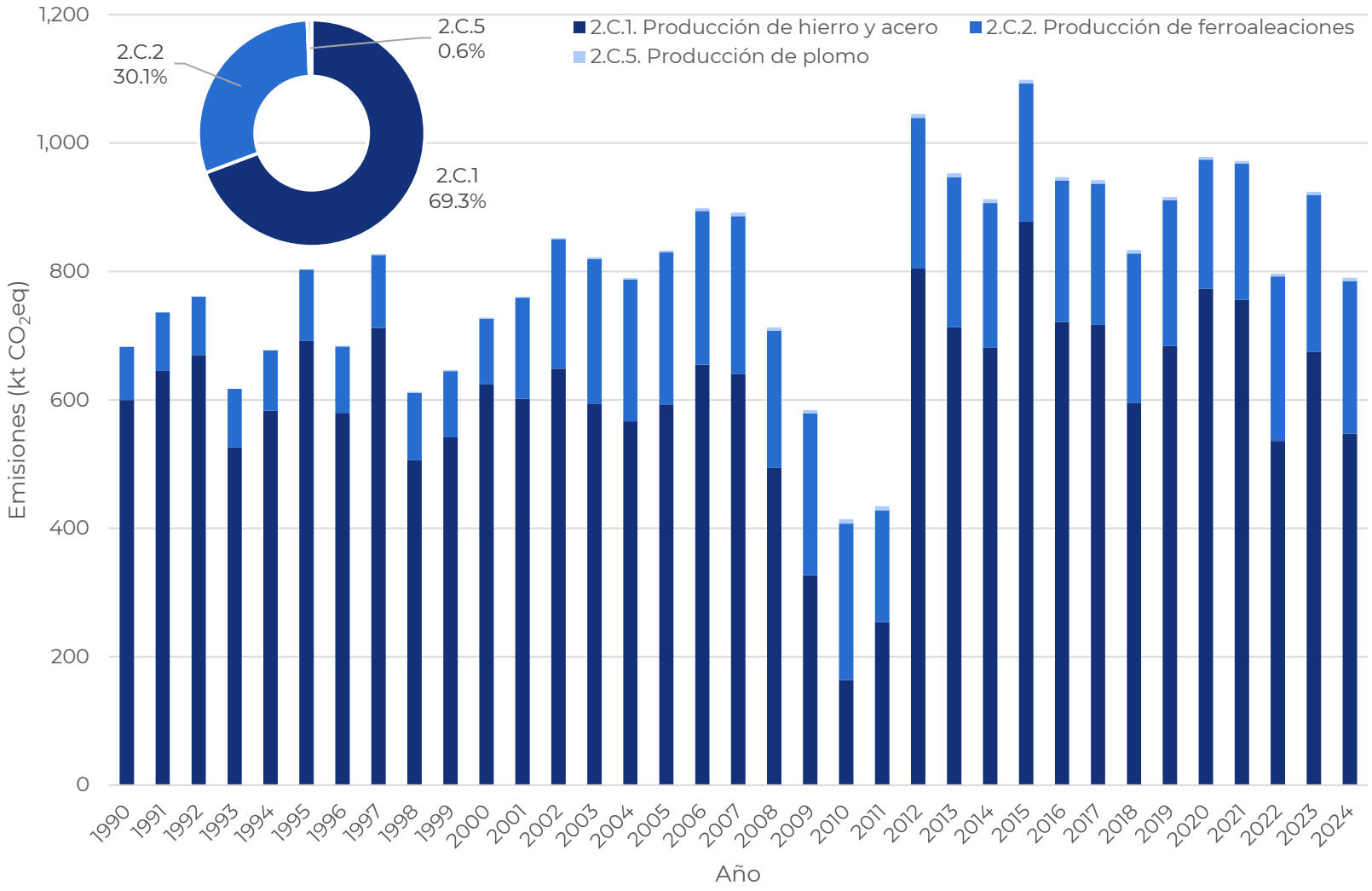


Figura 4-19. Industria de los metales: Emisiones de GEI por fuente (kt CO_2eq), 1990-2024.

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la Tabla 4-48 y la Figura 4-19, las emisiones de GEI de la categoría 2.C. Industria de los metales estuvieron compuestas casi en su totalidad por CO_2 durante toda la serie temporal. En 2024 este gas representó el 99,97 % de las emisiones de la categoría, con 790,0 kt CO_2eq, mientras que el CH_4 aportó únicamente 0,2 kt CO_2eq (0,03 %). No se estimaron emisiones de N_2O para ninguna de las subcategorías incluidas en esta categoría.

El CO_2 fue emitido por las subcategorías 2.C.1. Producción de hierro y acero, 2.C.2. Producción de ferroaleaciones y 2.C.5. Producción de plomo. En 2024, la categoría 2.C.1 aportó el 69,3 % de las emisiones de CO_2 de la categoría, seguida por la subcategoría 2.C.2 con 30,1 % y la subcategoría 2.C.5 con 0,6 %, comportamiento consistente con la distribución observada para las emisiones totales de GEI. La evolución temporal del CO_2 reflejó, por tanto, la tendencia general de la categoría, caracterizada por variaciones asociadas principalmente al comportamiento de la producción de hierro y acero y, en menor medida, de la producción de ferroaleaciones.

Tabla 4-48. Industria de los metales: Emisiones totales de GEI (kt CO_2eq)

GEI	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
2.C. Industria de los metales											
CO_2	682,5	802,7	727,8	832,3	413,9	1.098,0	978,0	971,8	796,4	923,9	790,0
CH_4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,0	0,4	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2
N_2O	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.C.1. Producción de hierro y acero											
CO_2	599,5	692,0	623,7	592,9	163,7	877,4	772,7	755,6	535,9	674,5	547,4
CH_4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,0	0,4	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2
N_2O	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.C.2. Producción de ferroaleaciones											
CO_2	83,0	110,7	102,6	236,8	243,6	215,0	201,1	212,1	256,0	244,5	237,5
CH_4	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
N_2O	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.C.5. Producción de plomo											
CO_2	NO	NO	1,5	2,7	6,7	5,5	4,2	4,1	4,5	4,9	5,0
CH_4	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
N_2O	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO

Fuente: Elaboración propia

Por su parte, las emisiones de CH_4 provinieron exclusivamente de la subcategoría 2.C.1.d. Sinterizado, de acuerdo con las Directrices del IPCC de 2006. Debido a que el factor de emisión de este gas es bajo y la producción de sinterizado representó una fracción reducida de la actividad de la categoría 2.C.1, su contribución a las emisiones totales de GEI fue marginal durante toda la serie, con valores inferiores a 0,4 kt CO_2eq.

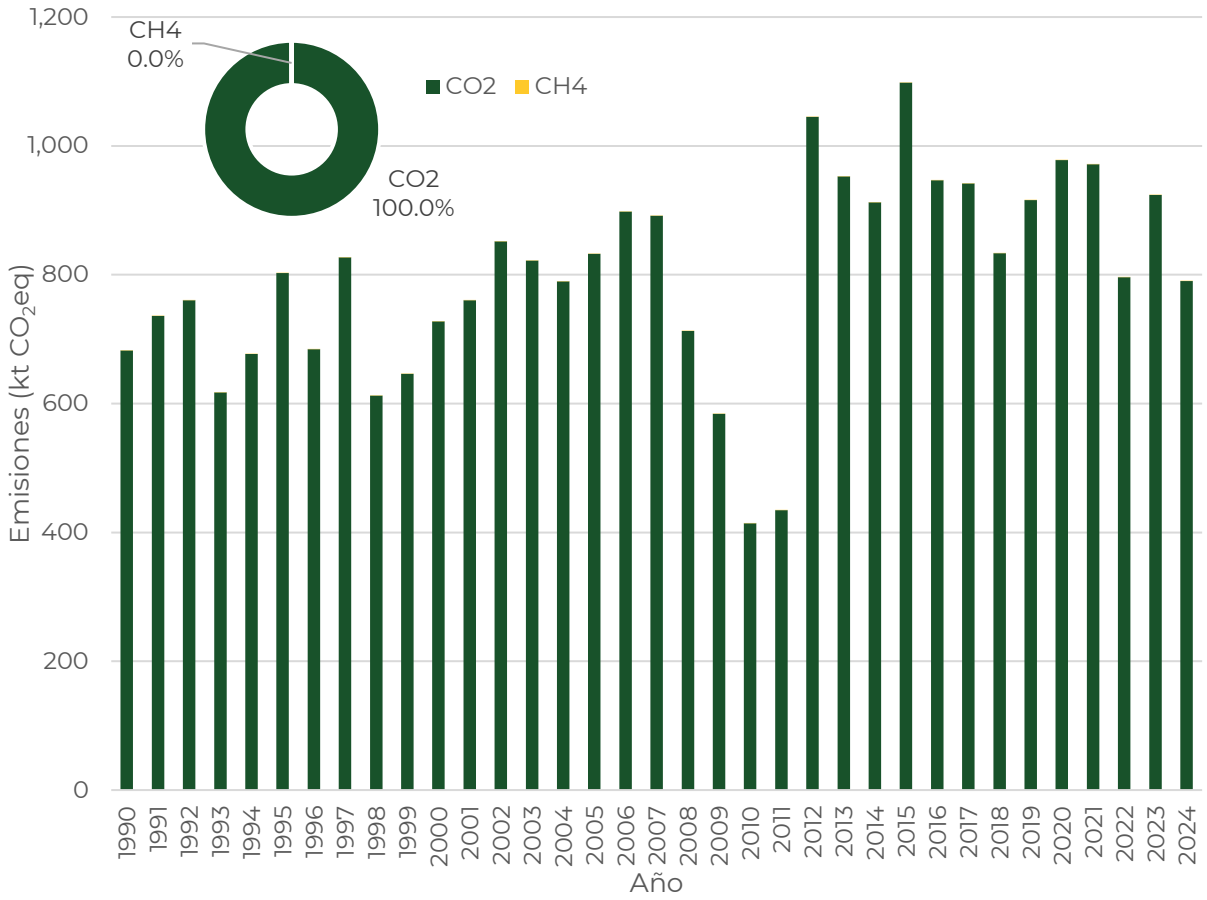


Figura 4-20. Industria de los metales: Emisiones totales de GEI (kt CO_2eq), 1990-2024

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la Tabla 4-49 y la Figura 4-21, las emisiones de carbono negro y contaminantes criterio asociadas a la subcategoría 2.C. Industria de los metales fueron reducidas durante toda la serie temporal, especialmente al compararlas con las estimadas para otras categorías del sector IPPU, como la industria química o la producción de minerales no metálicos. En 2024, las emisiones alcanzaron 0,060 kt de COVDM, 0,170 kt de PM_{10}, 0,128 kt de $PM_{2.5}$, 0,0087 kt de CN, 0,0027 kt de CO, 0,130 kt de NO_x, 0,059 kt de SO_2 y 0,052 kt de SO_x.

Tabla 4-49. Industria de los metales: Emisiones de carbono negro y contaminantes criterio (kt)

Precursor	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
2.C. Industria de los metales											
COVDM	3,3E-02	3,4E-02	3,1E-02	4,0E-02	5,6E-02	5,7E-02	5,4E-02	6,2E-02	6,1E-02	6,4E-02	6,0E-02
PM_{10}	8,6E-02	1,1E-01	9,7E-02	1,7E-01	1,6E-01	1,8E-01	1,6E-01	1,7E-01	1,8E-01	1,8E-01	1,7E-01
$PM_{2.5}$	6,5E-02	7,8E-02	7,2E-02	1,2E-01	1,1E-01	1,3E-01	1,2E-01	1,3E-01	1,3E-01	1,4E-01	1,3E-01
CN	3,2E-03	4,2E-03	3,9E-03	8,7E-03	8,8E-03	8,0E-03	7,5E-03	7,9E-03	9,3E-03	9,0E-03	8,7E-03
CO	1,9E-03	2,0E-03	1,8E-03	2,1E-03	2,1E-03	3,0E-03	2,8E-03	3,1E-03	2,8E-03	3,0E-03	2,7E-03
NO_X	4,6E-02	4,0E-02	3,9E-02	6,6E-02	1,5E-01	9,3E-02	9,3E-02	1,2E-01	1,4E-01	1,3E-01	1,3E-01
SO_2	2,0E-02	1,7E-02	1,6E-02	2,9E-02	7,0E-02	4,0E-02	4,1E-02	5,3E-02	6,1E-02	5,9E-02	5,9E-02
SO_X	NA	NA	1,5E-02	2,8E-02	6,8E-02	5,6E-02	4,3E-02	4,2E-02	4,6E-02	5,0E-02	5,2E-02
2.C.1. Producción de hierro y acero											

Precursor	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
COVDM	3,3E-02	3,4E-02	3,1E-02	4,0E-02	5,6E-02	5,7E-02	5,4E-02	6,2E-02	6,1E-02	6,4E-02	6,0E-02
PM_{10}	4,5E-02	4,9E-02	4,5E-02	4,7E-02	3,3E-02	6,9E-02	6,2E-02	6,5E-02	5,4E-02	6,2E-02	5,3E-02
$PM_{2.5}$	3,5E-02	3,9E-02	3,5E-02	3,7E-02	2,8E-02	5,5E-02	5,0E-02	5,2E-02	4,4E-02	5,0E-02	4,4E-02
CN	2,5E-04	2,9E-04	2,6E-04	2,6E-04	1,2E-04	3,8E-04	3,4E-04	3,4E-04	2,6E-04	3,1E-04	2,6E-04
CO	1,9E-03	2,0E-03	1,8E-03	2,1E-03	2,1E-03	3,0E-03	2,8E-03	3,1E-03	2,8E-03	3,0E-03	2,7E-03
NO_X	4,6E-02	4,0E-02	3,9E-02	6,6E-02	1,5E-01	9,3E-02	9,3E-02	1,2E-01	1,4E-01	1,3E-01	1,3E-01
SO_2	2,0E-02	1,7E-02	1,6E-02	2,9E-02	7,0E-02	4,0E-02	4,1E-02	5,3E-02	6,1E-02	5,9E-02	5,9E-02
2.C.2. Producción de ferroaleaciones											
COVDM	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
CO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
NO_X	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
PM_{10}	4,2E-02	5,6E-02	5,2E-02	1,2E-01	1,2E-01	1,1E-01	1,0E-01	1,1E-01	1,3E-01	1,2E-01	1,2E-01
$PM_{2.5}$	2,9E-02	3,9E-02	3,6E-02	8,4E-02	8,6E-02	7,6E-02	7,1E-02	7,5E-02	9,1E-02	8,7E-02	8,4E-02
CN	2,9E-03	3,9E-03	3,6E-03	8,4E-03	8,6E-03	7,6E-03	7,1E-03	7,5E-03	9,1E-03	8,7E-03	8,4E-03
2.C.5. Producción de plomo											
COVDM	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
CO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
NO_X	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
PM_{10}	NO	NO	3,7E-05	6,8E-05	1,7E-04	1,4E-04	1,0E-04	1,0E-04	1,1E-04	1,2E-04	1,3E-04
$PM_{2.5}$	NO	NO	1,8E-05	3,4E-05	8,3E-05	6,9E-05	5,2E-05	5,1E-05	5,6E-05	6,1E-05	6,3E-05
SO_X	NO	NO	1,5E-02	2,8E-02	6,8E-02	5,6E-02	4,3E-02	4,2E-02	4,6E-02	5,0E-02	5,2E-02

Fuente: Elaboración propia

La subcategoría 2.C.1. Producción de hierro y acero fue la única fuente de emisiones de COVDM, CO, NO_x y SO_2. Dentro de esta categoría, la subcategoría 2.C.1.a. Acero aportó emisiones de COVDM, PM_{10}, $PM_{2.5}$, CN, CO, NO_x y SO_2, mientras que la categoría 2.C.1.b contribuyó únicamente con PM_{10}, $PM_{2.5}$ y CN, y la subcategoría 2.C.1.d aportó COVDM, PM_{10}, $PM_{2.5}$ y CN. En conjunto, estas tres fuentes determinaron la tendencia observada para los contaminantes asociados a la producción de hierro y acero.

Las emisiones de material particulado y carbono negro también recibieron aportes de la subcategoría 2.C.2. Producción de ferroaleaciones, en la cual únicamente se estimaron PM_{10}, $PM_{2.5}$ y CN. Debido a los factores de emisión empleados y a los niveles de producción registrados, esta subcategoría constituyó la principal fuente de estos tres contaminantes dentro de la categoría 2.C durante la mayor parte de la serie temporal, mientras que la subcategoría 2.C.1 realizó una contribución complementaria.

Por su parte, la subcategoría 2.C.5. Producción de plomo presentó emisiones únicamente de PM_{10}, $PM_{2.5}$ y SO_x. Sus emisiones de material particulado fueron reducidas en comparación con las demás subcategorías; sin embargo, fue la única fuente de SO_x dentro de esta categoría, por lo que determinó completamente la tendencia observada para este contaminante.

Es importante tener en cuenta que, como se dijo en la sección 4.1.2, las emisiones de SO_2 y SO_x se estimaron de forma independiente, según la disponibilidad de factores de emisión para cada proceso contemplado en las Guías EMEP/EEA (2019h). En consecuencia, cuando las guías únicamente proporcionan factores de emisión para uno de estos contaminantes, solo se estiman las emisiones correspondientes. Por esta razón, los valores reportados de SO_2 y SO_x no representan una relación directa entre ambos y pueden diferir a lo largo de la serie temporal. En cada caso, la tendencia observada refleja las categorías y subcategorías para las cuales se estimaron emisiones del contaminante correspondiente.

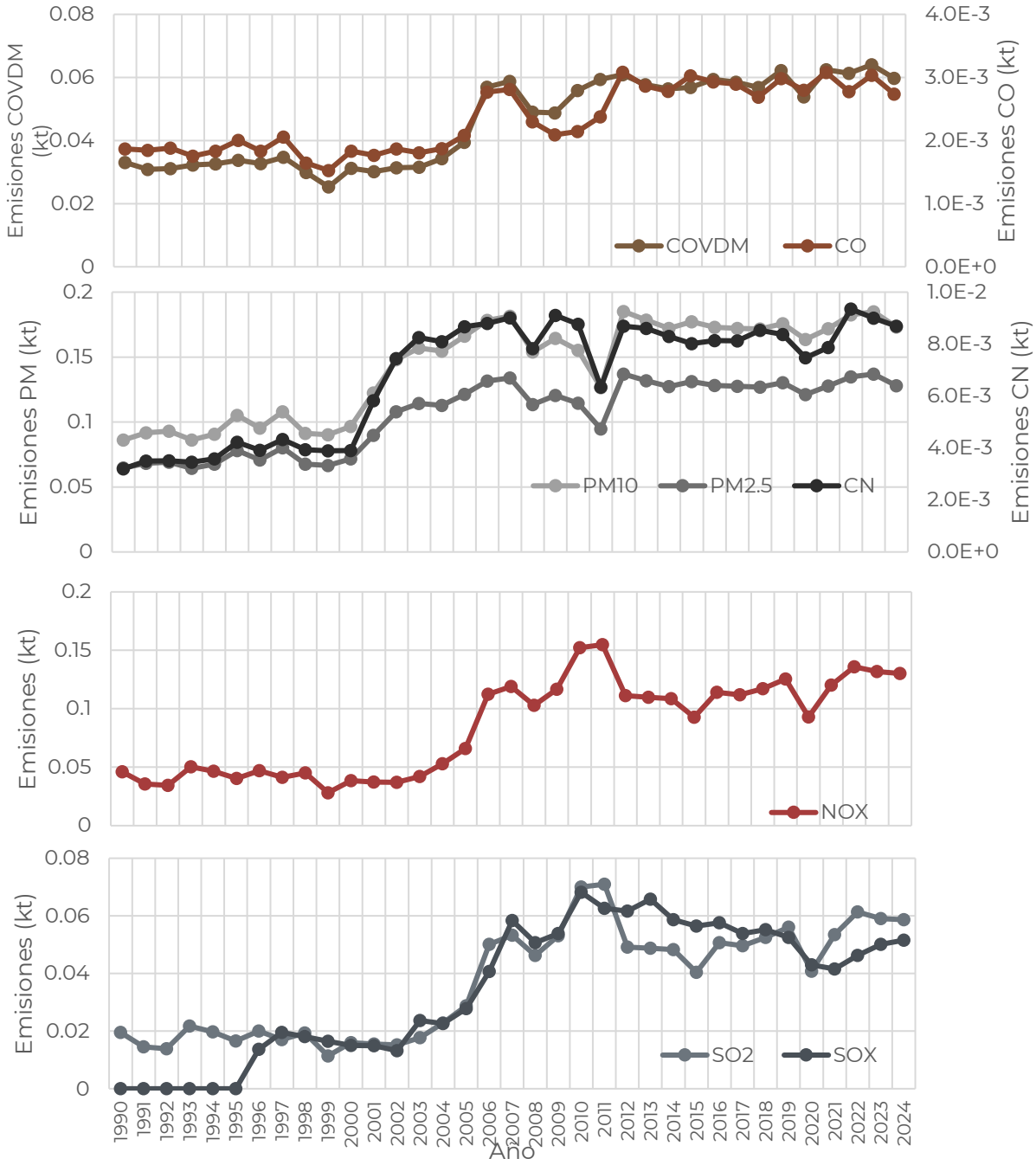


Figura 4-21. Industria de los metales: Emisiones totales carbono negro y contaminantes criterio (kt), 1990-2024

Fuente: Elaboración propia

4.4.2 Aspectos metodológicos de la categoría

La estimación de emisiones para la categoría 2.C. Industria de los metales se realizó aplicando las metodologías propuestas en las Directrices del IPCC (2006a) para los GEI y en la Guía EMEP/EEA (2019h) para carbono negro y contaminantes criterio. De manera general, las estimaciones de GEI se desarrollaron con metodologías Nivel 1, mientras que para carbono negro y contaminantes criterio se aplicaron metodologías Nivel 1 o Nivel 2, dependiendo de la subcategoría y del contaminante considerado.

Para la subcategoría 2.C.1. Producción de hierro y acero, las emisiones de CO_2 se estimaron mediante las ecuaciones del Volumen 3, Capítulo 4 de las Directrices del IPCC de 2006, diferenciando la producción de acero por horno básico al oxígeno (BOF) y horno de arco eléctrico (EAF). Aunque la ecuación original contempla la producción mediante hornos de solera (OHF), este término no se incluyó en la estimación nacional debido a que esta tecnología no se utilizó en Colombia. De manera análoga, las emisiones de CO_2 y CH_4 del proceso de sinterizado se estimaron mediante las ecuaciones específicas del IPCC, mientras que las emisiones de COVDM, PM_{10}, $PM_{2.5}$, CN, CO, NO_x y SO_2, así como las asociadas a la producción de arrabio, se calcularon mediante la ecuación general basada en datos de actividad y factores de emisión propuesta por la Guía EMEP/EEA (2019).

En la categoría 2.C.2. Producción de ferroaleaciones, las emisiones de CO_2 se estimaron mediante la ecuación correspondiente del IPCC para la producción de ferroaleaciones, empleando un factor de emisión específico para ferroníquel desarrollado en conjunto con Cerro Matoso y el Sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación del Ministerio de Minas y Energía (MRVme). Este factor representó únicamente las emisiones del proceso industrial, evitando la sobreestimación que se produciría al emplear factores que incluyan emisiones de combustión. Las emisiones de PM_{10}, $PM_{2.5}$ y CN se estimaron mediante la metodología de Nivel 1 de la Guía EMEP/EEA (2019).

Para la categoría 2.C.5. Producción de plomo, las emisiones de CO_2 se calcularon utilizando la metodología del IPCC para producción de plomo. Dado que en Colombia únicamente se produce plomo secundario a partir del reciclaje de baterías de plomo-ácido, la ecuación se simplificó para considerar exclusivamente esta ruta de producción. Las emisiones de PM_{10}, $PM_{2.5}$ y SO_x se estimaron mediante la ecuación general de Nivel 1 de la Guía EMEP/EEA (2019).

Tabla 4-50. Industria de los metales: Aspectos metodológicos

Subcategoría	Contaminante	Nivel (Tier)	No. Ecuación	Ecuación	Fuente
2.C.1.a. Acero	CO_2	1	V. 3, Ch. 4, Ec. 4.4	$Emisiones_{CO2} = BOF * EF_{BOF} + EAF * EF_{EAF} + OHF * EF_{OHF}$ Donde: BOF = Cantidad de acero crudo producido en BOF (alto horno), toneladas EF_{BOF} = Factor de emisión, toneladas de CO_2/tonelada de acero BOF producido EAF = Cantidad de acero crudo producido en EAF (arco eléctrico), toneladas EF_{EAF} = Factor de emisión, toneladas de CO_2/tonelada de acero EAF producido OHF= Cantidad de acero crudo producido en OHF (horno de solera), toneladas EF_{OHF} = Factor de emisión, toneladas de CO_2/tonelada de acero OHF producido En Colombia no se produce acero en hornos de solera, por lo tanto, la ecuación anterior se reduce a los siguientes términos: $Emisiones_{CO2} = BOF * EF_{BOF} + EAF * EF_{EAF}$	IPCC, 2006
	COVDM, PM_{10}, $PM_{2.5}$, CN, CO, NO_X, SO_2	2	V. 2, Ch. 2.C.1, Ec. 3	$E_{contaminante} = AR_{Producción} \times EF_{tecnología,contaminante}$ Donde: $E_{contaminante}$= emisión del contaminante especificado. $AR_{producción}$= tasa de actividad correspondiente a la producción. $EF_{tecnología, contaminante}$= factor de emisión del contaminante para la tecnología utilizada.	EMEP/ EEA, 2019
2.C.1.b. Fundición en bruto (Arrabio)	PM_{10}, $PM_{2.5}$, CN	2	V. 2, Ch. 2.C.1, Ec. 3	$E_{contaminante} = AR_{Producción} \times EF_{tecnología,contaminante}$ Donde: $E_{contaminante}$= emisión del contaminante especificado. $AR_{producción}$= tasa de actividad correspondiente a la producción. $EF_{tecnología, contaminante}$= factor de emisión del contaminante para la tecnología utilizada.	EMEP/ EEA, 2019
2.C.1.d. Sinterizado	CO_2	1	V. 3, Ch. 4, Ec. 4.7	$Emisiones_{CO2} = SI * EF_{SI}$ Donde: SI = Cantidad de sinterizado producido nacionalmente, toneladas EF_{SI} = Factor de emisión, toneladas de CO_2/tonelada de sinterizado producido	IPCC, 2006
	CH_4	1	V. 3, Ch. 4, Ec. 4.12	$Emisiones_{CH4} = SI * EF_{SI}$ Donde: SI = Cantidad de sinterizado producido nacionalmente, toneladas	IPCC, 2006

Subcategoría	Contaminante	Nivel (Tier)	No. Ecuación	Ecuación	Fuente
				EF_{SI} = Factor de emisión, toneladas de CH_4/ tonelada de sinterizado producido	
	COVDM, PM_{10}, $PM_{2.5}$, CN	2	V. 2, Ch. 2.C.1, Ec. 3	$$E_{contaminante} = AR_{Producción} \times EF_{tecnología,contaminante}$$ Donde: $E_{contaminante}$= emisión del contaminante especificado. $AR_{producción}$= tasa de actividad correspondiente a la producción. $EF_{tecnología,\ contaminante}$= factor de emisión del contaminante para la tecnología utilizada.	EMEP/ EEA, 2019
2.C.2. Producción de ferroaleaciones	CO_2	1	V. 3, Ch. 4, Ec. 4.15	$$Emisión\ CO_2 = \sum_i (MP_i * EF_i)$$ Donde: MP_i = Producción de la ferroaleación de tipo i (ferroníquel), toneladas EF_i = Factor de emisión de CO_2 genérico para la ferroaleación i, toneladas de CO_2/tonelada de ferroaleación producida	IPCC, 2006
	PM_{10}, $PM_{2.5}$, CN	1	V. 2, Ch. 2.C.2, Ec. 1	$$E_{contaminante} = AR_{Producción} \times EF_{Contaminante}$$ $E_{contaminante}$ = emisión anual del contaminante. $EF_{contaminante}$ = factor de emisión del contaminante. $AR_{producción}$ = tasa de actividad correspondiente.	EMEP/ EEA, 2019
2.C.5. Producción de plomo	CO_2	1	V. 3, Ch. 4, Ec. 4.32	$$Emisiones_{CO_2} = DS * EF_{DS} + ISF * EF_{ISF} + S * EF_S$$ Donde: DS = Cantidad de plomo producido por fundición directa, toneladas EF_{DS} = Factor de emisión para la fundición directa, toneladas de CO_2/tonelada de producto de plomo ISF =Cantidad de plomo producido en hornos Imperial Smelting Furnaces, toneladas EF_{ISF} = Factor de emisión para los hornos Imperial Smelting Furnaces, toneladas de CO_2/tonelada de producto de plomo S = Cantidad de plomo producido a partir de materiales secundarios, toneladas EF_S = Factor de emisión para los materiales secundarios, toneladas de CO_2/tonelada de producto de plomo En Colombia solo se produce plomo a partir de materiales secundarios, por lo tanto, la ecuación anterior se reduce a los siguientes términos: $$Emisiones_{CO_2} = S * EF_S$$	IPCC, 2006
	PM_{10}, $PM_{2.5}$, SO_X	1	V. 2, Ch. 2.C.5, Ec. 1	$$E_{contaminante} = AR_{Producción} \times EF_{Contaminante}$$ $E_{contaminante}$ = emisión anual del contaminante. $EF_{contaminante}$ = factor de emisión del contaminante. $AR_{producción}$ = tasa de actividad correspondiente.	EMEP/ EEA, 2019

Fuente: Elaboración propia

4.4.2.1 Datos de actividad de la categoría

2.C.1. Producción de hierro y acero: La estimación de las emisiones de la subcategoría utilizó como datos de entrada la producción anual de mineral de hierro reportada por el Sistema de Información Minero Colombiano (SIMCO) de la UPME (Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), 2026)(Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), 2026)(Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), 2026) y la producción de acero crudo reportada por la Asociación Mundial del Acero (WSA) (World Steel Association, 2026), ambas expresadas en toneladas. Como se observa en la Tabla 4-51, estos datos se procesaron para obtener los datos de actividad requeridos para la estimación de emisiones de las subcategorías 2.C.1.a, 2.C.1.b y 2.C.1.d.

Para la subcategoría 2.C.1.a, se estimó primero la producción de acero BOF a partir de la producción de mineral de hierro, aplicando los supuestos de contenido de hierro en el mineral, contenido de hierro en el arrabio y relación de arrabio en acero presentados en la Tabla 4-52. Posteriormente, la producción de acero EAF se obtuvo como la diferencia entre el acero crudo total y el acero BOF estimado. Para 2.C.1.b, la producción de arrabio se calculó a partir del mineral de hierro y los supuestos de contenido de hierro en el mineral y en el arrabio. Finalmente, para la subcategoría 2.C.1.d, la producción de sinterizado se estimó aplicando la relación entre

sinterizado y arrabio sobre la producción estimada de arrabio. Los datos de actividad finales, expresados en toneladas, se presentan en la Tabla 4-53.

Tabla 4-51. Industria de los metales: Fuente de información de datos de actividad para 2.C.1.

Dato de actividad	Periodo	Fuente	Observación
2.C.1. Producción de hierro y acero			
Producción de mineral de hierro	1990-2024	Sistema de Información Minero Colombiano (SIMCO) de la UPME	**Acero BOF**: Mineral de hierro * Hierro en mineral / Hierro en arrabio / Arrabio en acero **Acero EAF:** Acero crudo – Acero BOF **Arrabio:** Mineral de hierro * Hierro en mineral / Hierro en arrabio **Sinterizado:** Mineral de hierro * Hierro en mineral / Hierro en arrabio * Relación entre sinterizado y arrabio Los supuestos se encuentran en la Tabla 4-52
Producción de acero crudo	1990-2024	Asociación Mundial del Acero (WSA)	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4-52. Industria de los metales: Supuestos utilizados para la estimación de 2.C.1.

Supuesto	Valor	Unidad	Fuente	Periodo
Hierro en mineral	0,43	Proporción	ANDI - Cámara Colombiana de Productores de Acero	1990 - 2024
Hierro en arrabio	0,93	Proporción	ANDI - Cámara Colombiana de Productores de Acero	1990 – 2014
Arrabio en acero	0,775	Proporción	ANDI - Cámara Colombiana de Productores de Acero	1990 - 2024
Relación entre sinterizado y arrabio	0,45	Proporción	ANDI - Cámara Colombiana de Productores de Acero	1990 – 2014

Fuente: Elaboración propia

La siguiente tabla resume los datos de actividad procesados y usados para estimar las emisiones de 2.C.1.

Tabla 4-53. Industria de los metales: Datos de actividad para la subcategoría 2.C.1. Producción de hierro y acero

Año	Producción de acero BOF (t)	Producción de acero EAF (t)	Producción de Arrabio (t)	Producción de sinterizado (t)
1990	374.818,6	326.181,4	290.484,4	130.718,0
1991	408.963,9	243.036,1	316.947,0	142.626,1
1992	425.510,6	231.489,4	329.770,7	148.396,8
1993	325.013,2	361.986,8	251.885,2	113.348,3
1994	363.875,8	329.124,2	282.003,7	126.901,7
1995	437.905,0	276.095,0	339.376,3	152.719,4
1996	361.370,6	333.629,4	280.062,2	126.028,0
1997	450.297,6	283.702,4	348.980,6	157.041,3
1998	313.707,6	322.292,4	243.123,4	109.405,5
1999	343.889,0	190.111,0	266.514,0	119.931,3
2000	393.821,5	266.178,5	305.211,7	137.345,3
2001	379.937,4	258.062,6	294.451,5	132.503,2
2002	410.524,6	253.475,4	318.156,5	143.170,4
2003	372.876,7	295.123,3	288.979,4	130.040,7
2004	350.337,1	379.662,9	271.511,2	122.180,1
2005	362.470,2	479.529,8	280.914,4	126.411,5
2006	384.301,0	835.699,0	297.833,3	134.025,0
2007	372.237,1	887.762,9	288.483,8	129.817,7

Año	Producción de acero BOF (t)	Producción de acero EAF (t)	Producción de Arrabio (t)	Producción de sinterizado (t)
2008	282.355,0	770.645,0	218.825,2	98.471,3
2009	167.509,2	885.490,8	129.819,6	58.418,8
2010	45.966,9	1.167.033,1	35.624,3	16.031,0
2011	104.082,4	1.182.917,6	80.663,8	36.298,7
2012	482.783,7	819.216,3	374.157,3	168.370,8
2013	423.614,6	812.385,4	328.301,3	147.735,6
2014	403.409,6	804.590,4	312.642,5	140.689,1
2015	538.403,0	672.597,0	417.262,3	187.768,0
2016	427.095,2	844.904,8	330.998,7	148.949,4
2017	425.297,6	827.702,4	329.605,6	148.322,5
2018	343.390,3	875.609,7	266.127,5	119.757,4
2019	398.056,2	934.943,8	308.493,6	138.822,1
2020	469.597,0	679.403,0	363.937,7	163.772,0
2021	447.384,9	890.615,1	346.723,3	156.025,5
2022	296.797,5	1.023.202,5	230.018,1	103.508,1
2023	389.418,0	984.582,0	301.799,0	135.809,5
2024	306.737,5	977.262,5	237.721,6	106.974,7

Fuente: Elaboración propia a partir de la UPME y la WSA

2.C.2. Producción de ferroaleaciones: El dato de actividad para la subcategoría correspondió a la producción anual de ferroníquel, reportada por Cerro Matoso – South32 para el periodo 1990-2023 mediante sus informes anuales de sostenibilidad y la EAM del DANE (2025d). Para el año 2024, el dato fue estimado mediante una técnica de empalme basada en el promedio de la producción registrada en los tres años anteriores. Dado que la información de entrada estaba reportada directamente en toneladas, no fue necesario realizar procesamiento adicional antes de su utilización en la estimación de emisiones. Los datos de actividad empleados se presentan en la Tabla 4-55.

Tabla 4-54. Industria de los metales: Fuente de información de datos de actividad para 2.C.2.

Dato de actividad	Periodo	Fuente	Observación
2.C.2. Producción de ferroaleaciones			
Producción de ferroníquel	1990-2023	Cerro Matoso – South32.	Cerro Matoso comunica sus cifras de producción en reportes anuales de sostenibilidad, y las reporta en la EAM del DANE
	2024	Técnica de empalme	Promedio de los últimos 3 años

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4-55. Industria de los metales: Datos de actividad para la subcategoría 2.C.2. Producción de ferroaleaciones

Año	Producción de ferroníquel (t)	Año	Producción de ferroníquel (t)	Año	Producción de ferroníquel (t)
1990	49.128,5	2002	119.520,8	2014	133.135,0
1991	53.850,7	2003	133.380,7	2015	127.234,9
1992	53.852,5	2004	130.869,4	2016	130.231,6
1993	53.818,1	2005	140.103,7	2017	130.017,4
1994	55.572,0	2006	141.635,0	2018	137.623,9
1995	65.509,9	2007	145.273,9	2019	134.284,3
1996	61.154,4	2008	126.626,4	2020	118.980,8

1997	67.120,8	2009	148.877,0	2021	125.482,2
1998	62.031,7	2010	144.143,6	2022	151.471,5
1999	61.131,4	2011	103.187,5	2023	144.670,4
2000	60.710,1	2012	138.913,7	2024	140.541,4
2001	92.865,6	2013	137.995,0		

Fuente: Elaboración propia con datos de Cerro Matoso -South32

2.C.5. Producción de plomo: El dato de actividad correspondió a la producción anual de plomo secundario reportada directamente por las empresas del sector. La información suministrada hace referencia exclusivamente al plomo obtenido a partir del reciclaje de baterías usadas de plomo-ácido, principal fuente de producción de este metal en el país. Este dato se utilizó como base para estimar la producción nacional de plomo secundario, incorporando una estimación de la participación de las demás empresas del sector. Con respecto al BTR1, se ajustó el año de inicio de la serie de datos de actividad, ya que se verificó que la producción nacional de plomo secundario inició en 1996; por esta razón, para el periodo 1990-1995 se reporta "NO", evitando atribuir emisiones a una actividad que no se desarrollaba en el país. Los datos de actividad empleados para la estimación de las emisiones se presentan en la Tabla 4-57.

Tabla 4-56. Industria de los metales: Fuente de información de datos de actividad para 2.C.5.

Dato de actividad	Periodo	Fuente	Observación
2.C.5. Producción de plomo			
Producción de plomo	1996-2024	Empresas del sector	La información suministrada por empresas del sector correspondió al plomo producido a partir del reciclaje de baterías usadas de plomo ácido.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4-57. Industria de los metales: Datos de actividad para la subcategoría 2.C.5. Producción de plomo

Año	Producción de plomo secundario (t)	Año	Producción de plomo secundario (t)	Año	Producción de plomo secundario (t)
1990	NO	2002	6.433,1	2014	28.633,6
1991	NO	2003	11.554,3	2015	27.558,7
1992	NO	2004	11.025,5	2016	28.098,7
1993	NO	2005	13.562,5	2017	26.290,4
1994	NO	2006	19.848,5	2018	26.920,6
1995	NO	2007	28.499,5	2019	25.628,2
1996	6.656,9	2008	24.722,9	2020	20.990,5
1997	9.509,9	2009	26.292,1	2021	20.270,2
1998	8.830,3	2010	33.273,4	2022	22.574,3
1999	8.016,1	2011	30.530,3	2023	24.431,0
2000	7.326,6	2012	30.076,5	2024	25.160,2
2001	7.299,9	2013	32.070,1		

Fuente: Elaboración propia con datos del sector

4.4.2.2 Factores de emisión aplicados en la categoría

Para los gases de efecto invernadero se utilizaron principalmente factores por defecto de las Directrices del IPCC de 2006, V. 3, Ch. 4 (Marks et al., 2006), mientras que las estimaciones de carbono negro y contaminantes criterio se realizaron con factores de emisión de la guía EMEP/EEA (2019h). En términos metodológicos, predominan los factores de Nivel 1 para los GEI y de Nivel 2 para carbono negro y contaminantes criterio. Las guías específicas se presentan en la Tabla 4-58.

La principal excepción corresponde a la categoría 2.C.2. Producción de ferroaleaciones, para la cual se empleó un factor de emisión específico de ferroníquel, desarrollado conjuntamente por Cerro Matoso – South32 y el Sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación del Ministerio de Minas y Energía (MRVme). Este factor consideró únicamente las emisiones asociadas al proceso productivo, permitiendo una estimación más representativa de

las emisiones y evitando su sobreestimación. Para la estimación de carbono negro y contaminantes criterio se utilizaron los factores de emisión por defecto de EMEP/EEA (2019). No se realizaron modificaciones en los factores de emisión con respecto al BTR1.

Tabla 4-58. Industria de los metales: factores de emisión aplicados por fuente de GEI, carbono negro y contaminantes criterio

Subcategoría	Fuente FE	Nivel (Tier)	Clasificación	Contaminante	Valor	Unidad
2.C.1.a. Acero	IPCC, 2006, V. 3, Ch. 4, Cuadro 4.1	1	Acero EAF	CO_2	1,46	t CO_2 / t
	EMEP/EEA, 2019, V. 2, Ch. 2.C.1, Tabla 3.15	2		NO_x	130,0	g NO_x / Mg
		2		CO	1,7	g CO / Mg
		2		COVDM	46,0	g COVDM / Mg
		2		PM_{10}	24,0	g PM_{10} / Mg
		2		$PM_{2.5}$	21,0	g $PM_{2.5}$ / Mg
		2		CN	0,36	% $PM_{2.5}$
		2		SO_2	60,0	g SO_2 / Mg
	IPCC, 2006, V. 3, Ch. 4, Cuadro 4.1	1	Acero BOF	CO_2	0,08	t CO_2 / t
	EMEP/EEA, 2019, V. 2, Ch. 2.C.1, Tabla 3.14	2		NO_x	10,0	g NO_x / Mg
		2		CO	3,5	g CO / Mg
		2		PM_{10}	32,0	g PM_{10} / Mg
		2		$PM_{2.5}$	28,0	g $PM_{2.5}$ / Mg
		2		CN	0,36	% $PM_{2.5}$
2.C.1.b. Fundición en bruto (Arrabio)	EMEP/EEA, 2019, V. 2, Ch. 2.C.1, Tabla 3.8	2	N.A.	PM_{10}	40,0	g PM_{10} / Mg
		2		$PM_{2.5}$	25,0	g $PM_{2.5}$ / Mg
		2		CN	2,4	% $PM_{2.5}$
2.C.1.d. Sinterizado	IPCC, 2006, V. 3, Ch. 4, Cuadro 4.1	1	N.A.	CO_2	0,2	t CO_2 / t
	IPCC, 2006, V. 3, Ch. 4, Cuadro 4.2	1		CH_4	0,07	kg CH_4 / t
	EMEP/EEA, 2019, V. 2, Ch. 2.C.1, Tabla 3.2	2		COVDM	138,0	g COVDM / Mg
		2		PM_{10}	100,0	g PM_{10} / Mg
		2		$PM_{2.5}$	80,0	g $PM_{2.5}$ / Mg
		2		CN	0,17	% $PM_{2.5}$
2.C.2. Producción de ferroaleaciones	Cerro Matoso – South32. MRVme	1	N.A.	CO_2	1,69	t CO_2 / t
	EMEP/EEA, 2019, V. 2, Ch. 2.C.2, Tabla 3.1	1		PM_{10}	850,0	g PM_{10} / Mg
		1		$PM_{2.5}$	600,0	g $PM_{2.5}$ / Mg
		1		CN	10,0	% $PM_{2.5}$
2.C.5. Producción de plomo	IPCC, 2006, V. 3, Ch. 4, Cuadro 4.21	1	N.A.	CO_2	0,2	t CO_2 / t
	EMEP/EEA, 2019, V. 2, Ch. 2.C.5, Tabla 3.1	1		PM_{10}	5,0	g PM_{10} / Mg
		1		$PM_{2.5}$	2,5	g $PM_{2.5}$ / Mg
		1		SO_x	2.050,0	g SO_x / Mg

Fuente: Elaboración propia

4.4.3 Descripción de flexibilidad aplicada en la categoría

No se aplicó ninguna flexibilidad.

4.4.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría

Tabla 4-59. Resultados de incertidumbre (%) por propagación del error para 2.C. Industria de los metales

Subcategoría	Cont	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
2.C. Industria del metal	Todos	14,2	14,1	14	11,3	5,4	12,7	12,5	12	9,9	11	10,2
2.C.1. Producción de hierro y acero.	CH4	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
2.C.1. Producción de hierro y acero.	CO2	16,2	16,4	16,3	15,8	12,4	15,9	15,7	15,4	14,6	15,1	14,7
2.C.1.a Acero	CO2	16,9	17,1	17,1	16,5	12,7	16,6	16,4	16	15,1	15,7	15,3
2.C.1.d Sinterizado	Todos	15,9	15,9	15,9	15,9	15,9	15,9	15,9	15,9	15,9	15,9	15,9
2.C.1.d Sinterizado	CH4	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
2.C.1.d Sinterizado	CO2	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
2.C.2. Producción de ferroaleaciones	CO2	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
2.C.5. producción de plomo	CO2	35,4	35,4	35,4	35,4	35,4	35,4	35,4	35,4	35,4	35,4	35,4

En la Tabla 4-59 se presentan los resultados de incertidumbre para la categoría 2.C. Industria del metal durante el periodo 1990-2024. La incertidumbre promedio histórica fue de ±11,87 %. En 1990, la incertidumbre fue de ±14,19 %, mientras que en 2024 alcanzó ±10,15 %, lo que representa una reducción relativa del 28,45 %, equivalente a 4,04 puntos porcentuales. Entre 1990 y 2008 se observa una tendencia general decreciente, aunque con algunas fluctuaciones interanuales. La incertidumbre alcanzó su valor máximo en 1992, con ±14,44 %, y posteriormente disminuyó hasta el valor mínimo de la serie en 2010, con ±5,36 %. A partir de 2011 se presentó un comportamiento fluctuante, con valores entre aproximadamente ±7,4 % y ±12,7 %. En los años recientes, la incertidumbre pasó de ±11,99 % en 2021 a ±9,86 % en 2022, aumentó a ±11,03 % en 2023 y disminuyó nuevamente a ±10,15 % en 2024.

En 2024, el proceso con mayor incertidumbre fue 2.C.5. Producción de plomo, cuyas emisiones de CO_2 presentaron una incertidumbre de ±35,36 %. Le siguieron el sinterizado, con una incertidumbre agregada de ±15,85 %; la producción de acero, con ±15,28 % para el CO_2; y la producción de ferroaleaciones, con ±3,54 % para el CO_2.

En la producción de hierro y acero, la incertidumbre del CO_2 disminuyó de ±16,17 % en 1990 a ±14,69 % en 2024. Por su parte, la incertidumbre del CH_4 se mantuvo constante en ±16,01 % durante toda la serie. Para el proceso específico de producción de acero, la incertidumbre del CO_2 pasó de ±16,89 % en 1990 a ±15,28 % en 2024. Las incertidumbres del sinterizado, la producción de ferroaleaciones y la producción de plomo permanecieron constantes durante el periodo analizado, con valores de ±15,85 %, ±3,54 % y ±35,36 %, respectivamente. Este comportamiento indica que se mantuvieron los mismos supuestos de incertidumbre para los datos de actividad y los factores de emisión de estos procesos.

4.4.5 AC/CC de la categoría

Además de las actividades transversales de control y aseguramiento de la calidad aplicadas a la totalidad del inventario, para la categoría 2.C. Industria de los metales se implementaron los siguientes procedimientos específicos:

- Se verificó la integridad y consistencia de las bases de datos B0, B2, F2 y SectorCal correspondientes a las subcategorías estimadas de la categoría 2.C, garantizando que los datos de actividad, factores de emisión y demás parámetros utilizados en los cálculos fueran consistentes con la estructura estandarizada del inventario y estuvieran debidamente documentados.
- Se compararon las emisiones estimadas con las reportadas en el ciclo anterior del inventario, tanto a nivel de subcategoría como de serie temporal, con el fin de identificar variaciones significativas y verificar que estas respondieran a actualizaciones de los datos de actividad, recálculos, mejoras metodológicas u otras modificaciones debidamente sustentadas.
- Se revisó la consistencia de los datos de actividad empleados frente a las fuentes oficiales de información y a la información suministrada por las entidades y empresas del sector metalúrgico, verificando que las tendencias observadas fueran coherentes con el comportamiento de la producción nacional de metales y de los procesos industriales representados en esta categoría.
- Los resultados obtenidos para la categoría fueron socializados con las entidades proveedoras de información y los actores técnicos del sector, con el propósito de validar la coherencia de las

estimaciones, fortalecer la transparencia del proceso e identificar oportunidades de mejora para futuros ciclos del inventario.

4.4.6 Nuevos cálculos de la categoría

En esta actualización del inventario, las categorías 2.C.1. Producción de hierro y acero y 2.C.2. Producción de ferroaleaciones no presentaron recálculos con respecto al BTR1, por lo que las emisiones estimadas permanecieron sin cambios a lo largo de toda la serie temporal. El único ajuste correspondió a la subcategoría 2.C.5. Producción de plomo, como resultado de la revisión de la serie de datos de actividad. En el BTR1 se reportaban emisiones desde 1990; sin embargo, durante la actualización metodológica se verificó que la producción nacional de plomo secundario, actividad considerada en esta categoría, inició en 1996. En consecuencia, para el periodo 1990-1995 se reporta NO, eliminando las emisiones previamente estimadas para esos años. Este ajuste redujo las emisiones de la categoría entre 0,8 y 1,2 kt CO_2eq durante dicho periodo, equivalente a una disminución del 100 % de las emisiones de la categoría 2.C.5 en esos años. No obstante, el efecto sobre el total de la categoría 2.C. Industria de los metales es marginal, con reducciones entre 0,1 % y 0,2 %, sin impacto apreciable sobre las emisiones del sector IPPU.

Tabla 4-60. Industria de los metales: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2) (kt CO_2eq)

Subcategoría	Reporte	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021
2.C.1. Producción de hierro y acero	BTR1	599,7	692,3	624,0	593,1	163,7	877,8	773,0	755,9
2.C.1. Producción de hierro y acero	BTR2	599,7	692,3	624,0	593,1	163,7	877,8	773,0	755,9
2.C.1. Producción de hierro y acero	Diferencia	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2.C.1. Producción de hierro y acero	Diferencia (%)	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
2.C.1. Producción de hierro y acero	**Efecto en total de subcategoría 2.C (%)**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**
2.C.1. Producción de hierro y acero	**Efecto en total neto de subcategoría 2.C (%)**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**
2.C.2. Producción de ferroaleaciones	BTR1	83,0	110,7	102,6	236,8	243,6	215,0	201,1	212,1
2.C.2. Producción de ferroaleaciones	BTR2	83,0	110,7	102,6	236,8	243,6	215,0	201,1	212,1
2.C.2. Producción de ferroaleaciones	Diferencia	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2.C.2. Producción de ferroaleaciones	Diferencia (%)	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
2.C.2. Producción de ferroaleaciones	**Efecto en total de subcategoría 2.C (%)**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**
2.C.2. Producción de ferroaleaciones	**Efecto en total neto de subcategoría 2.C (%)**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**
2.C.5. Producción de plomo	BTR1	0,8	1,2	1,5	2,7	6,7	5,5	4,2	4,1
2.C.5. Producción de plomo	BTR2	NO	NO	1,5	2,7	6,7	5,5	4,2	4,1
2.C.5. Producción de plomo	Diferencia	- 0,8	- 1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2.C.5. Producción de plomo	Diferencia (%)	-100,0 %	-100,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
2.C.5. Producción de plomo	**Efecto en total de subcategoría 2.C (%)**	**-0,1 %**	**-0,2 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**

Subcategoría	Reporte	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021
2.C.5. Producción de plomo	**Efecto en total neto de subcategoría 2.C (%)**	**-0,1 %**	**-0,2 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**
2.C. Industria de los metales	BTR1	683,6	804,2	728,1	832,6	414,0	1.098,3	978,3	972,1
2.C. Industria de los metales	BTR2	682,8	803,0	728,1	832,6	414,0	1.098,3	978,3	972,1
2.C. Industria de los metales	Diferencia	- 0,8	- 1,2	0,0	0,0	0,0	- 0,0	0,0	0,0
2.C. Industria de los metales	Diferencia (%)	-0,1 %	-0,2 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
2.C. Industria de los metales	**Efecto en total de sector (%)**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**
2.C. Industria de los metales	**Efecto en total neto de sector (%)**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**
2. IPPU	BTR1	4.124,2	5.618,8	4.875,6	6.848,7	6.976,0	9.102,6	10.604,0	11.721,5
2. IPPU	BTR2	4.272,8	5.672,0	4.865,1	6.830,4	6.973,0	9.149,9	10.711,7	11.342,7
2. IPPU	**Diferencia4**	**148,6**	**53,2**	**- 10,5**	**- 18,3**	**- 2,9**	**47,3**	**107,6**	**- 378,8**
2. IPPU	**Diferencia (%)**	**3,6 %**	**0,9 %**	**-0,2 %**	**-0,3 %**	**0,0 %**	**0,5 %**	**1,0 %**	**-3,2 %**

4 Las diferencias reportadas para el total del sector 2. IPPU reflejan el efecto conjunto de las actualizaciones implementadas en todas las categorías del sector entre el BTR1 y el BTR2 y no únicamente de las modificaciones realizadas en la categoría 2.C.

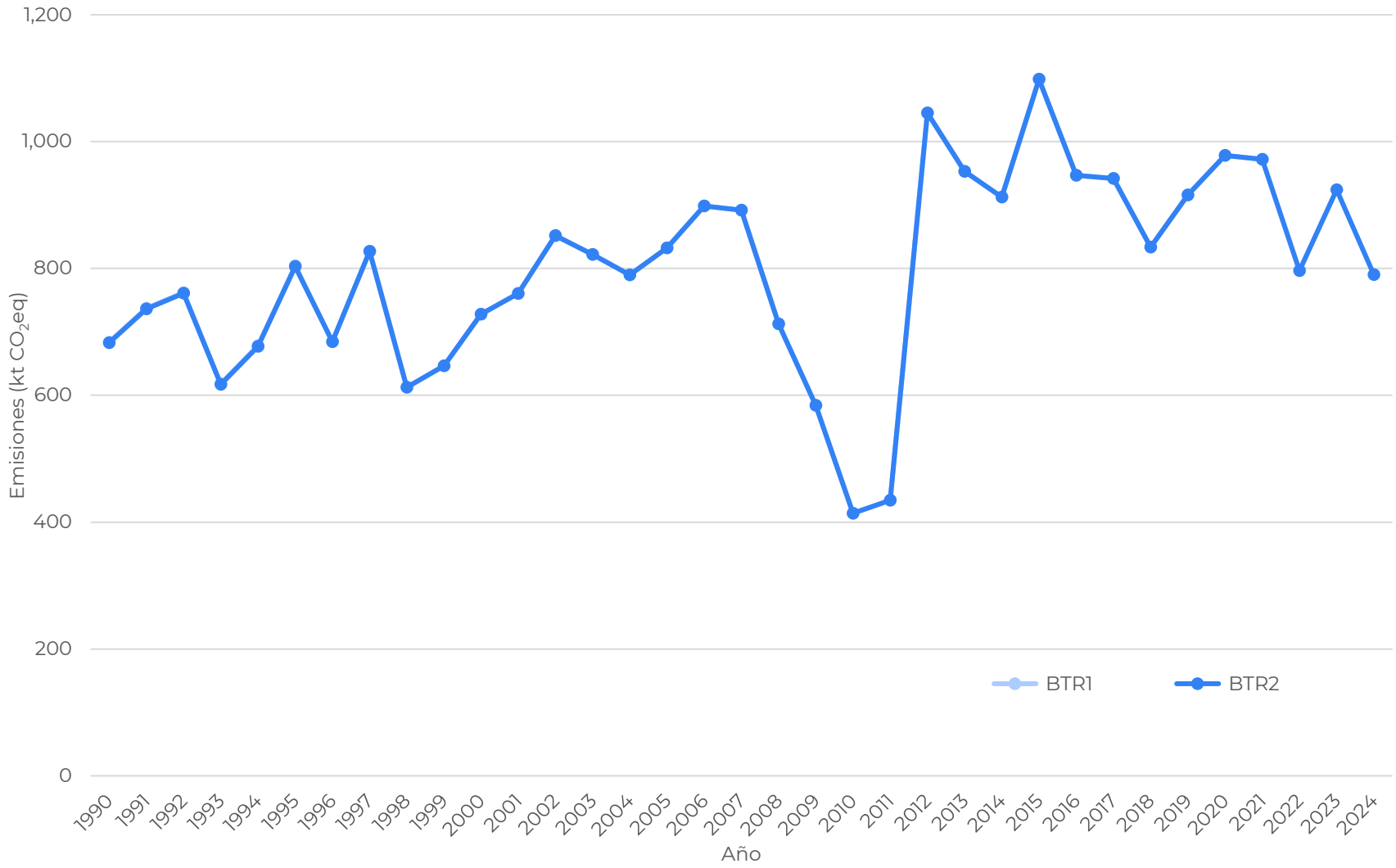


Figura 4-22. Industria de los metales: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2), 1990-2024

Fuente: Elaboración propia

4.4.7 Mejoras planeadas de la categoría

Con el fin de fortalecer la calidad de las estimaciones de la categoría 2.C. Industria de los metales, se identificaron oportunidades de mejora orientadas a incrementar la representatividad de los datos de actividad, fortalecer la consistencia de las series temporales y reducir la dependencia de supuestos en aquellas subcategorías donde aún existen limitaciones de información. Las actividades propuestas en la Tabla 4-61 responden a las necesidades identificadas durante el desarrollo del inventario y serán implementadas de manera articulada con los gremios, empresas y entidades responsables de la generación y suministro de información.

Tabla 4-61. Industria de los metales: Plan de mejora

Subcategoría	Actividad propuesta de mejora	Periodo	Actores	Priorización
2.C.1 Producción de hierro y acero	Mejorar la disponibilidad de información sobre la producción nacional de acero por tipo de material producido y el proceso productivo, reduciendo la dependencia de supuestos en la estimación de emisiones.	1990-2024	ANDI, empresas siderúrgicas, SIMCO, MinComercio	BTR4 - 2030
2.C.2 Producción de ferroaleaciones	Fortalecer la consistencia de la serie temporal de datos de actividad mediante la armonización de fuentes de información y la aplicación documentada de técnicas de empalme.	1990-2024	Empresas productoras de ferroaleaciones, ANDI, MinComercio	BTR3 - 2028
2.C.5 Producción de plomo	Ampliar la cobertura y representatividad de la información de actividad mediante la vinculación de un mayor número de empresas dedicadas a la recuperación y producción de plomo.	1990-2024	Empresas recuperadoras de plomo, ANDI, MinComercio	BTR3 - 2028
2.C. Industria de los metales	Fortalecer la identificación y caracterización de las actividades de producción secundaria de metales en Colombia, mediante la consulta de fuentes oficiales y sectoriales que permitan verificar la existencia, cobertura y nivel de actividad de procesos asociados a la recuperación y producción de metales como aluminio, zinc y otros metales no ferrosos a partir de chatarra. Con base en esta información, evaluar la incorporación de estas actividades en el inventario, cuando corresponda metodológicamente.	1990-2024	Ideam, DANE, Ministerio de Comercio, Industria y Turismo y empresas del sector metalúrgico y de reciclaje de metales.	BTR4-2030

4.5 Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente (CRT 2.D)

4.5.1 Descripción y tendencia de las emisiones y absorciones atmosféricas de la categoría

La categoría 2.D. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente comprende las emisiones generadas durante el primer uso de combustibles fósiles y otros productos derivados del petróleo cuando estos se emplearon con fines distintos a la producción de energía (Olivier et al., 2006). De acuerdo con las Directrices del IPCC de 2006, esta categoría incluye el uso de lubricantes, ceras de parafina, asfaltos y solventes, cuyas emisiones se originan principalmente por la oxidación parcial del carbono durante el uso del producto o por la evaporación de compuestos orgánicos volátiles presentes en su composición (Olivier et al., 2006).

En el inventario nacional de Colombia, el tratamiento de estos usos mantuvo consistencia con el sector Energía. Los combustibles fósiles destinados a usos no energéticos se identificaron y excluyeron durante la aplicación del método de referencia del BECO, evitando la doble contabilización de emisiones entre ambos sectores.

En Colombia, esta categoría comprende las subcategorías 2.D.1. Uso de lubricantes, 2.D.2. Uso de cera de parafina y 2.D.3. Otros, para las cuales se estimaron emisiones de CO_2 y COVDM (Figura 4-23).

La subcategoría 2.D.1. Uso de lubricantes incluye el consumo de aceites y grasas lubricantes empleados principalmente en el transporte y en aplicaciones industriales. Las emisiones de CO_2 se generan porque una fracción del carbono contenido en estos productos se oxida durante su uso normal, por ejemplo, debido al consumo de pequeñas cantidades de lubricante en motores o por otros procesos asociados a su operación (Olivier et al., 2006). Las Directrices del IPCC consideran únicamente la oxidación ocurrida durante el primer uso del lubricante, mientras que la combustión posterior de aceites usados se reporta en los sectores correspondientes de Energía o Residuos, según el destino final del residuo.

La subcategoría 2.D.2. Uso de cera de parafina comprende el consumo de ceras de parafina utilizadas en productos como velas, cirios, veladoras y otros artículos de cera. Las emisiones de CO_2 se producen por la oxidación del carbono contenido en la parafina durante su primer uso, representado principalmente por su combustión controlada (Olivier et al., 2006). Al igual que en el caso de los lubricantes, el IPCC estima estas emisiones mediante el contenido de carbono del producto y la fracción que se oxida durante el uso.

La subcategoría 2.D.3. Otros, agrupa actividades en las que las emisiones provienen principalmente de la evaporación de compuestos orgánicos volátiles no metánicos (COVDM) contenidos en productos con solventes. En el inventario nacional se incluyeron cuatro fuentes. La primera correspondió al uso de disolventes, representado por la producción de impermeabilizantes asfálticos, cuyas emisiones se originan por la evaporación de los solventes presentes durante su aplicación y secado (Kuenen, Trozzi, Fauser, Passant, et al., 2019). La segunda fuente correspondió al uso de desengrasantes, empleados para la limpieza de superficies y la remoción de grasas, aceites, ceras y otros contaminantes en productos metálicos y otros materiales. Las emisiones de COVDM se producen por la volatilización de los solventes orgánicos utilizados durante las operaciones de limpieza, especialmente durante las etapas de aplicación, evaporación y manipulación del solvente (Kuenen, Trozzi, Berdowski, et al., 2019). La tercera fuente correspondió a la impresión, donde las emisiones de COVDM provienen principalmente de la evaporación de los solventes contenidos en las tintas, diluyentes, soluciones de limpieza y soluciones humectantes utilizadas en tecnologías como impresión offset y flexográfica. Durante el secado de las tintas y las operaciones de limpieza de equipos, una fracción importante de estos compuestos se libera a la atmósfera (Kuenen, Trozzi, & Woodfield, 2019).

Por último, la categoría incluyó otros usos de solventes y de productos, representados en este inventario por el consumo de adhesivos y pegantes. En estos productos, las emisiones de COVDM se generan por la evaporación de los solventes durante su aplicación y proceso de curado, siendo la magnitud de las emisiones función del contenido de solventes de cada formulación y de las condiciones de uso (Kuenen, Trozzi, Fauser, Dettling, et al., 2019).

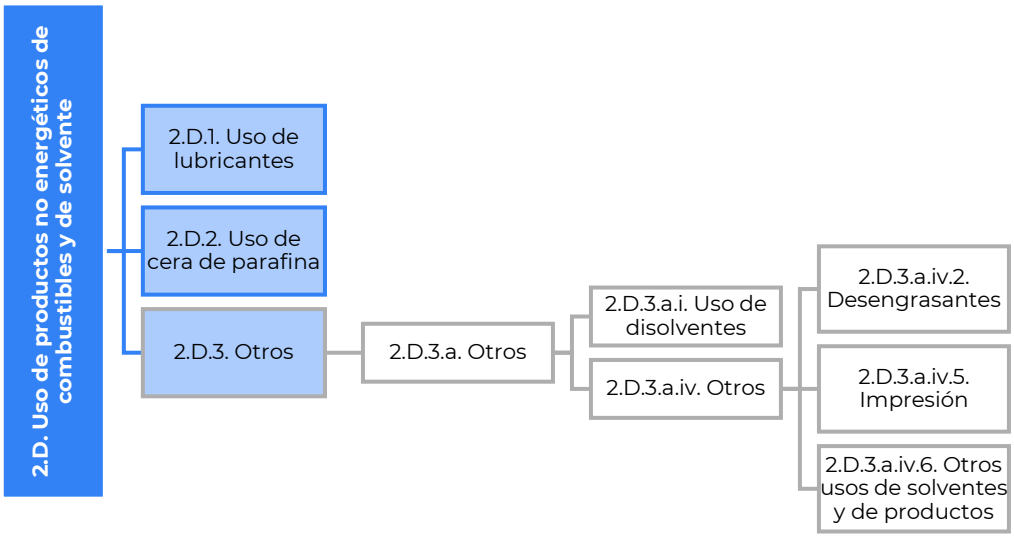


Figura 4-23. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente: Subcategorías estimadas en la categoría Industria de los metales

La categoría 2.D. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente presentó una tendencia creciente a lo largo de la serie temporal, pasando de 71,8 kt CO_2eq en 1990 a 167,5 kt CO_2eq en 2024, lo que representó un incremento de aproximadamente 133 %. La evolución de las emisiones estuvo determinada principalmente por la subcategoría 2.D.1. Uso de lubricantes, que en 2024 aportó 147,7 kt CO_2eq, equivalentes al 88,2 % de las emisiones de la categoría, mientras que 2.D.2. Uso de cera de parafina contribuyó con 19,8 kt CO_2eq (11,8 %).

La serie presentó una marcada variabilidad interanual, especialmente en las emisiones asociadas al uso de lubricantes, las cuales respondieron directamente a las fluctuaciones observadas en el consumo de aceites y grasas lubricantes reportado por la Encuesta Anual Manufacturera (EAM). Después de un comportamiento relativamente estable entre 1999 y 2007 (entre 43,8 y 56,8 kt CO_2eq), las emisiones aumentaron hasta alcanzar 95,1 kt CO_2eq en 2010, disminuyeron nuevamente entre 2013 y 2018 y, posteriormente, registraron un incremento importante a partir de 2019, alcanzando su máximo de la serie en 2022 (153,4 kt CO_2eq) y manteniéndose en niveles cercanos a 147 kt CO_2eq durante 2023 y 2024.

Por otro lado, las emisiones provenientes del uso de cera de parafina mostraron un comportamiento considerablemente más estable, oscilando entre 19,8 y 29,1 kt CO_2eq durante toda la serie temporal. Su participación dentro de la categoría disminuyó progresivamente debido al mayor crecimiento de las emisiones asociadas al uso de lubricantes.

Tabla 4-62. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente: Emisiones totales de GEI por categoría y subcategoría (kt CO_2eq)

Fuente	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
2.D. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente	**71,8**	**108,9**	**68,2**	**74,9**	**122,6**	**74,5**	**128,0**	**146,7**	**179,6**	**168,6**	**167,5**
2.D.1. Uso de lubricantes	42,8	80,4	43,8	48,3	95,1	53,8	106,9	123,0	153,4	146,3	147,7
2.D.2. Uso de cera de parafina	29,1	28,5	24,5	26,6	27,4	20,7	21,1	23,7	26,2	22,3	19,8

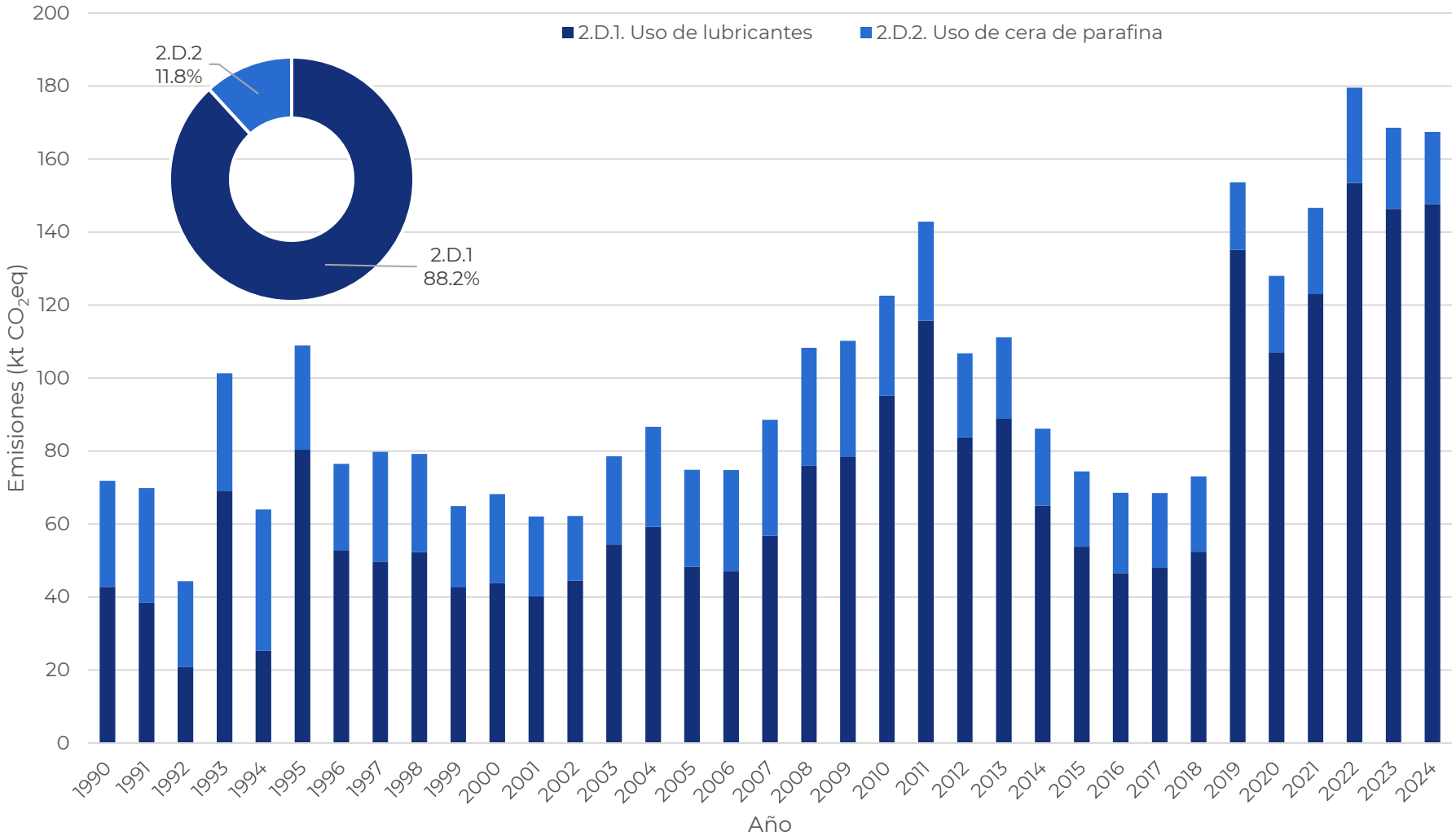


Figura 4-24. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente: Emisiones de GEI por fuente (kt CO_2eq), 1990-2024.

Fuente: Elaboración propia

Las emisiones de GEI de la categoría 2.D. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente correspondieron exclusivamente a CO_2, ya que, de acuerdo con las metodologías del IPCC 2006, los usos considerados en esta categoría no generan emisiones directas de CH_4 ni N_2O. En consecuencia, la tendencia del CO_2 coincide con la observada para las emisiones totales de GEI de la categoría.

Dado que el CO_2 constituyó el 100 % de las emisiones de GEI de esta categoría, cualquier cambio en las emisiones totales estuvo directamente asociado a las variaciones en el consumo de estos productos y a la aplicación de los factores de oxidación durante el uso establecidos por las Directrices del IPCC.

La siguiente tabla presenta las emisiones de la categoría por cada contaminante de GEI:

Tabla 4-63. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente: Emisiones totales de GEI (kt CO_2eq)

GEI	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
CO_2	71,8	108,9	68,2	74,9	122,6	74,5	128,0	146,7	179,6	168,6	167,5
CH_4	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
N_2O	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Total	**71,8**	**108,9**	**68,2**	**74,9**	**122,6**	**74,5**	**128,0**	**146,7**	**179,6**	**168,6**	**167,5**

En la categoría 2.D. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente, el único contaminante criterio estimado es COVDM, cuyas emisiones provinieron exclusivamente de la subcategoría 2.D.3. Otros, correspondiente al uso de solventes y productos que contienen compuestos orgánicos volátiles. No se estimaron emisiones de CO, NO_x, SO_2, PM_{10}, $PM_{2.5}$ ni carbono negro, debido a que estos contaminantes no están contemplados en las metodologías aplicadas para las subcategorías incluidas en el inventario.

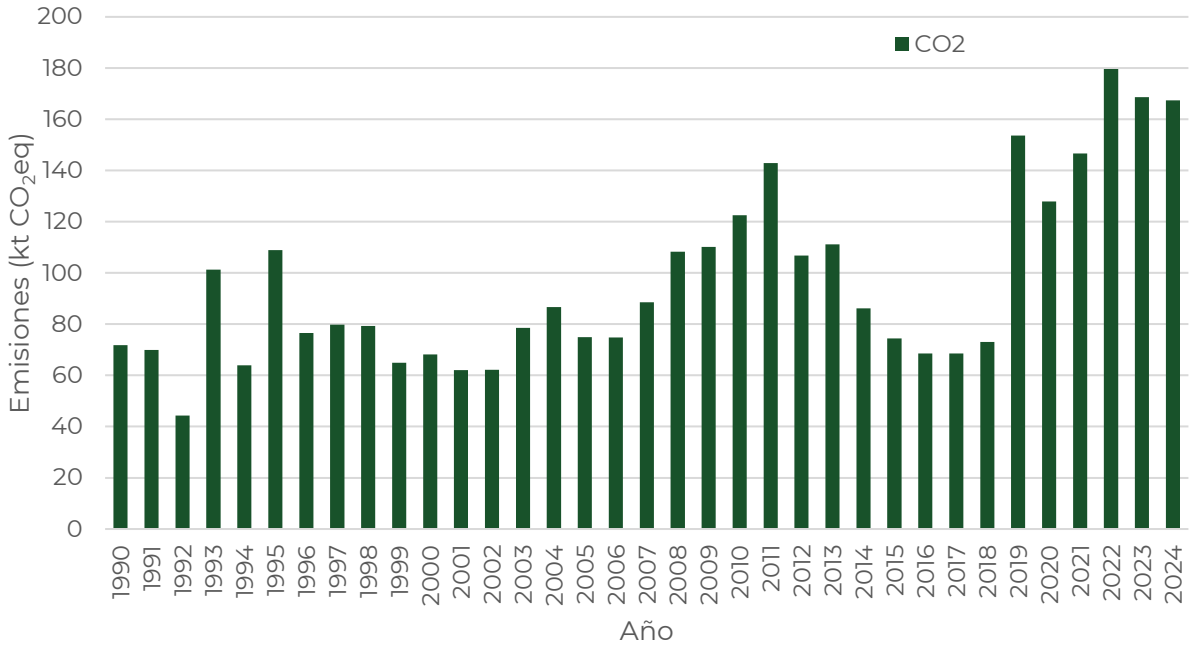


Figura 4-25. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente: Emisiones totales de GEI (kt CO_2eq), 1990-2024

Fuente: Elaboración propia

Las emisiones de COVDM aumentaron de 29,7 kt en 1990 a 127,8 kt en 2024, alcanzando un máximo de 134,3 kt en 2021. La evolución de la serie reflejó las variaciones en la producción y consumo de los diferentes productos utilizados como datos de actividad, particularmente impermeabilizantes asfálticos, adhesivos y pegantes, desengrasantes y tintas para impresión.

Tabla 4-64. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente: Emisiones de carbono negro y contaminantes criterio (kt)

Precursor	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
2.D. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente											
COVDM	29,7	37,4	34,6	55,0	33,3	50,4	65,7	134,3	91,7	88,1	127,8
CO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
NO_X	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.D.3. Otros											
COVDM	29,7	37,4	34,6	55,0	33,3	50,4	65,7	134,3	91,7	88,1	127,8
2.D.3.a. Otros											
COVDM	29,7	37,4	34,6	55,0	33,3	50,4	65,7	134,3	91,7	88,1	127,8
2.D.3.a.i. Uso de disolventes											
COVDM	14,0	14,4	17,3	35,2	5,6	15,4	13,7	78,5	32,2	30,2	68,7
2.D.3.a.iv. Otros											
COVDM	15,7	23,1	17,3	19,8	27,7	35,0	52,0	55,8	59,5	57,9	59,1
2.D.3.a.iv.2. Desengrasantes											
COVDM	0,8	1,8	0,7	0,8	1,7	1,7	16,7	19,4	18,2	21,1	22,1
2.D.3.a.iv.5. Impresión											
COVDM	2,5	1,9	4,3	2,9	10,9	10,9	14,1	14,4	15,4	14,0	16,1
2.D.3.a.iv.6. Otros usos de solventes y de productos											
COVDM	12,3	19,4	12,3	16,1	15,2	22,4	21,3	22,0	25,8	22,8	20,8

La subcategoría 2.D.3.a.i. Uso de disolventes presentó el mayor incremento de la serie, pasando de 14,0 kt en 1990 a 68,7 kt en 2024, y explicó el pico observado en 2021 (78,5 kt), asociado al aumento en la producción de impermeabilizantes asfálticos reportada por la EAM. Por su parte, la subcategoría 2.D.3.a.iv. Otros, mostró un crecimiento más gradual, pasando de 15,7 kt a 59,1 kt entre 1990 y 2024, impulsado principalmente por el aumento en el consumo de adhesivos y pegantes, que constituyeron la principal fuente de emisiones dentro de este grupo.

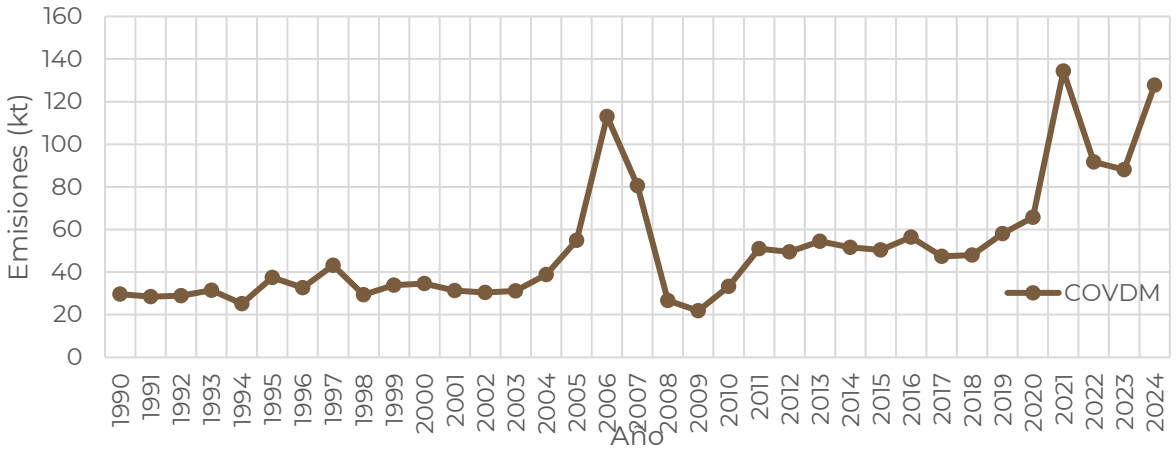


Figura 4-26. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente: Emisiones totales carbono negro y contaminantes criterio (kt), 1990-2024.

Fuente: Elaboración propia

Dentro de 2.D.3.a.iv. Otros, las emisiones asociadas a desengrasantes aumentaron de 0,8 kt en 1990 a 22,1 kt en 2024, mientras que las provenientes de impresión crecieron de 2,5 kt a 16,1 kt durante el mismo periodo. Aunque ambas presentaron una tendencia creciente, su contribución permaneció por debajo de la correspondiente a otros usos de solventes y productos, que continuó siendo la principal fuente de COVDM dentro de esta categoría.

4.5.2 Aspectos metodológicos de la categoría

La categoría 2.D comprendió metodologías diferenciadas según el tipo de emisión estimada. Para las subcategorías 2.D.1. Uso de lubricantes y 2.D.2. Uso de cera de parafina, las emisiones de CO_2 se estimaron mediante metodologías de Nivel 1 de las Directrices del IPCC de 2006, V. 3, Ch.5, (Tabla 4-65), basadas en el consumo de los productos, su contenido de carbono y el factor de oxidación durante el uso (ODU), el cual representó la fracción del carbono que se oxida y libera a la atmósfera durante la vida útil del producto.

Para las subcategorías asociadas al uso de solventes (2.D.3), las emisiones de COVDM se estimaron siguiendo las metodologías del EMEP/EEA (2019h), cada subcategoría tiene su correspondiente guía las cuales se especifican en la Tabla 4-65. Dependiendo del nivel de desagregación de la información disponible, se aplicaron metodologías de Nivel 1, 2 o 2a.

Con respecto al BTR1, no se realizaron modificaciones en los métodos de estimación ni en los niveles metodológicos empleados para esta categoría.

Tabla 4-65. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente: Aspectos metodológicos

Subcategoría	Contaminante	Nivel (Tier)	No. Ecuación	Ecuación	Fuente
2.D.1. Uso de lubricantes	CO_2	1	V. 3, Ch. 5, Ec. 5.2	$$Emisiones\ CO_2 = LC * CC_{Lubricante} * ODU_{Lubricante} * \frac{44}{12}$$ Donde: LC = Consumo total de lubricantes, TJ $CC_{Lubricante}$ = Contenido de carbono de los lubricantes (por defecto), tonelada de C/TJ (=kg. de C/GJ) $ODU_{Lubricante}$= Factor ODU (basado en la composición por defecto de aceites y grasas), fracción 44/12 = Factor de conversión de C en CO_2	IPCC, 2006
2.D.2. Uso de cera de parafina	CO_2	1	V. 3, Ch. 5, Ec. 5.4	$$Emisiones\ CO_2 = PW * CC_{Cera} * ODU_{Cera} * 44/12$$ Donde: PW = Consumo total de ceras, TJ CC_{Cera} = Contenido de carbono de las ceras de parafina (por defecto), tonelada de C/TJ (=kg. de C/GJ) ODU_{Cera} = Factor ODU de la cera de parafina, fracción 44/12 = Factor de conversión de C en CO_2	IPCC, 2006
2.D.3.a.i. Uso de disolventes	COVDM	2a	V. 2, Ch. 2.D.3.a, Ec. 2	$$E_{COVDM} = \sum_{productos} AR_{Producto} \times EF_{Producto,COVDM}$$ Donde: E_{NMVOC}= emisiones de compuestos orgánicos volátiles no metánicos (COVDM). $AR_{producto}$= cantidad de solvente consumido a través del uso de cada tipo de producto. $EF_{producto,\ COVDM}$= factor de emisión de COVDM específico para cada producto o tipo de solvente.	EMEP/EEA, 2019
2.D.3.a.iv.2. Desengrasantes	COVDM	1	V. 2, Ch. 2.D.3.e, Ec. 1	$$E_{contaminante} = AR_{Producción} \times EF_{contaminante}$$ Donde: $E_{contaminante}$= emisión del contaminante especificado. $AR_{producción}$= tasa de actividad correspondiente a la producción. $EF_{contaminante}$= factor de emisión del contaminante.	EMEP/EEA, 2019
2.D.3.a.iv.5. Impresión	COVDM	2	V. 2, Ch. 2.D.3.h, Ec. 2	$$E_{Contaminante} = \sum_{tecnología} AR_{uso,\ tecnología} \times EF_{tecnología,contaminante}$$ Donde: $AR_{uso,\ tecnología}$= cantidad de tinta utilizada para impresión mediante esta tecnología específica. $EF_{tecnología,\ contaminante}$= factor de emisión correspondiente a esta tecnología y a este contaminante.	EMEP/EEA, 2019

Subcategoría	Contaminante	Nivel (Tier)	No. Ecuación	Ecuación	Fuente
2.D.3.a.iv.6. Otros usos de solventes y de productos	COVDM	2	V. 2, Ch. 2.D.3.i, 2.G, Ec. 3	$E_{contaminante} = AR_{Producto} \times EF_{tecnologia,contaminante}$ Donde: $E_{\text{contaminante}}$= emisión del contaminante especificado. AR_{producto}= tasa de actividad correspondiente a la producción. $EF_{\text{tecnología contaminante}}$= factor de emisión del contaminante.	EMEP/EEA, 2019

4.5.2.1 Datos de actividad de la categoría

2.D.1. Uso de lubricantes: El dato de actividad correspondió al consumo de aceites y grasas lubricantes reportado por el DANE en el Anexo 6.1 de la EAM para el periodo 1992-2024 (véase Tabla 4-66). Para 1990 y 1991, la serie fue completada mediante técnica de empalme a partir del promedio de los tres últimos años disponibles. En el caso de los aceites lubricantes, se agregaron los productos aceites lubricantes y aceites lubricantes en bruto-básicos, reportados originalmente en galones; posteriormente, el volumen se convirtió a toneladas utilizando la densidad presentada en la Tabla 4-67 y luego a terajulios (TJ) mediante el poder calorífico neto de lubricantes.

Para las grasas lubricantes, se agregaron los productos: grasas lubricantes y grasas lubricantes en bruto-básicos, reportados en kilogramos, y se convirtieron a TJ mediante el poder calorífico neto. Los datos de actividad procesados se presentan en la Tabla 4-70.

2.D.2. Uso de cera de parafina: El dato de actividad correspondió al consumo total de cera de parafina en forma de velas, veladoras y cirios, obtenido a partir del Anexo 6.2 de la EAM del DANE para el periodo 1992-2024 (véase Tabla 4-66). Para 1990 y 1991, la serie fue completada mediante técnica de empalme a partir del promedio de los tres últimos años disponibles. Para la estimación se agregaron cuatro productos: cirios litúrgicos y similares, cirios y velas de cera, veladoras, y velas de estearina o parafina. Dado que la fuente reportó producción de estos productos, se asumió que toda la producción nacional es consumida en el país. Posteriormente, el dato agregado se convirtió a TJ mediante el poder calorífico neto correspondiente. Los datos de actividad procesados se presentan en la Tabla 4-70.

Tabla 4-66. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente: Fuente de información de datos de actividad para 2.D.1. y 2.D.2

Dato de actividad	Periodo	Fuente	Observación
2.D.1. Uso de lubricantes			
Consumo de grasas lubricantes	1990-1991	Técnica de empalme	Promedio de los tres últimos años
	1992-2024	DANE – Encuesta anual manufacturera (EAM)	Anexo 6.1 Los datos corresponden a los productos “grasas lubricantes” y “grasas lubricantes en bruto-básicos” Dato original en kg, se usaron los factores de la Tabla 4-67 para convertir en TJ
Consumo de aceites lubricantes	1990-1991	Técnica de empalme	Promedio de los tres últimos años
	1992-2024	DANE – Encuesta anual manufacturera (EAM)	Anexo 6.1 Los datos corresponden a los productos “aceites lubricantes” y “aceites lubricantes en bruto-básicos” Dato original en galones, se usaron los factores de la Tabla 4-67 para convertir en TJ
2.D.2. Uso de cera de parafina			
Consumo total de ceras de parafina (en forma de velas, veladoras y cirios)	1990-1991	Técnica de empalme	Promedio de los tres últimos años
	1992-2024	DANE – Encuesta anual manufacturera (EAM)	Anexo 6.2 Aunque el anexo 6.2 provee datos sobre la producción de cera de parafina en forma de velas, se asumió para efectos de la estimación que todas las velas producidas son consumidas.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4-67. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente: Factores utilizados para la estimación de 2.D.1. y 2.D.2

Factor	Valor	Unidad	Fuente	Periodo
Poder calorífico neto de lubricantes y cera de parafina	40,2	TJ/kt	IPCC, 2006 (V. 2, Ch. 1, Cuadro 1.2)	1990 - 2024
Densidad de aceites lubricantes	3,12E-03	t/gal	Densidad promedio de fichas técnicas de aceites comerciales	1990 – 2024

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4-68. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente: Datos de actividad para la subcategoría 2.D.1. Uso de lubricantes y 2.D.2. Uso de cera de parafina

Año	Consumo de aceites lubricantes (TJ)	Consumo de grasas lubricantes (TJ)	Consumo de cera de parafina (TJ)	Año	Consumo de aceites lubricantes (TJ)	Consumo de grasas lubricantes (TJ)	Consumo de cera de parafina (TJ)
1990	2.911,5	20,2	396,2	2008	5.135,3	165,2	441,0
1991	2.614,4	18,1	429,0	2009	5.311,3	134,5	433,5
1992	1.411,0	26,5	320,9	2010	6.444,1	171,4	374,1
1993	4.709,1	15,9	438,8	2011	7.844,5	183,7	370,4
1994	1.723,3	11,9	527,2	2012	5.694,6	80,6	313,6
1995	5.476,2	20,3	388,9	2013	6.039,7	80,7	303,3
1996	3.588,9	51,3	323,1	2014	4.413,4	87,4	287,3
1997	3.373,5	68,1	410,1	2015	3.655,9	38,2	282,2
1998	3.561,4	33,5	366,6	2016	3.166,5	44,2	299,9
1999	2.877,5	120,9	304,0	2017	3.269,3	16,6	279,4
2000	2.946,7	149,1	333,5	2018	3.570,8	18,3	280,9
2001	2.707,7	141,5	297,5	2019	9.209,1	19,8	252,4
2002	2.999,9	135,4	241,9	2020	7.287,0	11,5	287,1
2003	3.672,8	161,3	328,6	2021	8.383,7	13,3	322,6
2004	4.010,0	108,1	373,9	2022	10.455,4	19,0	357,0
2005	3.250,9	165,5	362,5	2023	9.975,1	12,5	303,5
2006	3.166,5	170,8	378,0	2024	10.066,1	10,0	269,7
2007	3.831,2	169,2	433,4				

Fuente: Elaboración propia con datos del DANE

2.D.3.a.i. Uso de disolventes: El dato de actividad correspondió a la cantidad producida de impermeabilizantes asfálticos, obtenida del Anexo 6.2 de la EAM del DANE para el periodo 1992-2024. Para 1990 y 1991, la serie fue completada mediante técnica de empalme a partir del promedio de los tres últimos años disponibles. La información fue utilizada directamente como dato de actividad, expresada en kilogramos, sin requerir transformaciones adicionales. Los datos procesados se presentan en la Tabla 4-71.

2.D.3.a.iv.2. Desengrasantes: El dato de actividad se obtuvo a partir de la agregación de dos grupos de productos reportados en el Anexo 6.2 de la EAM del DANE para el periodo 1992-2024. El primero correspondió a los productos "Antiincrustantes, antiespumantes y desengrasantes para calderas", reportados originalmente en galones, los cuales se convirtieron a kilogramos mediante la densidad presentada en la Tabla 4-70. Posteriormente, estos valores se sumaron con la producción de "Preparaciones desengrasantes para pisos", reportada directamente en kilogramos, obteniéndose así el dato de actividad utilizado en la estimación. Para 1990 y 1991, la serie fue completada mediante técnica de empalme a partir del promedio de los tres últimos años disponibles. Los datos procesados se presentan en la Tabla 4-71.

2.D.3.a.iv.5. Impresión: El dato de actividad se estimó de forma diferenciada para los procesos de impresión flexográfica y offset. Para la impresión flexográfica se empleó directamente el consumo de tintas flexográficas base alcohol reportado por la EAM del DANE. En el caso de la impresión offset, el dato de actividad correspondió a la suma de los productos "Tintas litográficas para prensas planas", "Tintas tipográficas para imprenta", "Tintas tipográficas para rotativas de periódicos" y "Tintas web offset para rotativas", todos reportados en kilogramos. Para ambas tecnologías, la información correspondió al periodo 1992-2024 y la serie para 1990 y 1991 fue completada mediante técnica de empalme a partir del promedio de los tres últimos años disponibles. Los datos procesados se presentan en la Tabla 4-71.

2.D.3.a.iv.6. Otros usos de solventes y de productos: El dato de actividad se obtuvo mediante la agregación de la producción de los productos "Adhesivos epóxicos", "Adhesivos fusionales (punto caliente)", "Pegantes a base de caucho" y "Pegantes sintéticos", reportados en el Anexo 6.2 de la EAM del DANE para el periodo 1992-2024. Dado que todos los productos se encontraban expresados en kilogramos, no fue necesario realizar conversiones adicionales antes de su agregación. Para 1990 y 1991, la serie fue completada mediante técnica de empalme a partir del promedio de los tres últimos años disponibles. Los datos procesados se presentan en la Tabla 4-71.

Tabla 4-69. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente: Fuente de información de datos de actividad para 2.D.3

Dato de actividad	Periodo	Fuente	Observación
2.D.3.a.i. Uso de disolventes			
Cantidad producida de impermeabilizantes asfálticos	1990-1991	Técnica de empalme	Promedio de los tres últimos años
	1992-2024	DANE – Encuesta anual manufacturera (EAM)	Anexo 6.2
2.D.3.a.iv.2. Desengrasantes			
Consumo total de desengrasantes	1990-1991	Técnica de empalme	Promedio de los tres últimos años
	1992-2024	DANE – Encuesta anual manufacturera (EAM)	Anexo 6.2 Los datos corresponden a los productos "Antiincrustantes, antiespumantes, desengrasantes para calderas" (Dato original en galones, se usan los factores de la Tabla 4-70 para convertir en kg) y "Preparaciones desengrasantes para pisos"
2.D.3.a.iv.5. Impresión			
Consumo de tintas flexográficas base alcohol	1990-1991	Técnica de empalme	Promedio de los tres últimos años
	1992-2024	DANE – Encuesta anual manufacturera (EAM)	Anexo 6.2
Consumo para Impresión - Offset	1990-1991	Técnica de empalme	Promedio de los tres últimos años
	1992-2024	DANE – Encuesta anual manufacturera (EAM)	Anexo 6.2 Los datos corresponden a los productos "Tintas litográficas para prensas planas", "Tintas tipográficas para imprenta" "Tintas tipográficas para rotativas de periódicos" y "Tintas web offset para rotativas"
2.D.3.a.iv.6. Otros usos de solventes y de productos			
Consumo de otros adhesivos y pegantes	1990-1991	Técnica de empalme	Promedio de los tres últimos años
	1992-2024	DANE – Encuesta anual manufacturera (EAM)	Anexo 6.2 Los datos corresponden a los productos "Adhesivos epóxicos", "Adhesivos fusionales (punto caliente)", "Pegantes a base de caucho" y "Pegantes sintéticos"

Tabla 4-70. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente: Factores utilizados para la estimación de 2.D.3.

Factor	Valor	Unidad	Fuente	Periodo
Densidad de desengrasantes	3,8611	kg/gal	Densidad promedio de fichas técnicas de desengrasantes comerciales	1990 – 2024

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4-71. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente: Datos de actividad para la subcategoría 2.D.3. Otros

Año	Consumo de Impermeabilizantes asfálticos (kg)	Consumo de Desengrasantes (kg)	Consumo de Impresión - Flexográfica (kg)	Consumo de Impresión - Offset (kg)	Consumo de Otros Adhesivos Pegantes (kg)
1990	14.734.455,1	1.804.263,5	136.263,8	3.282.393,3	23.606.436,4
1991	11.903.402,3	2.062.801,2	147.483,3	3.130.248,0	26.582.144,3
1992	15.605.470,0	1.900.609,9	100.080,0	3.178.204,0	20.877.329,0
1993	16.694.493,0	1.449.379,4	161.228,0	3.538.728,0	23.359.836,0

Año	Consumo de Impermeabilizantes asfálticos (kg)	Consumo de Desengrasantes (kg)	Consumo de Impresión - Flexográfica (kg)	Consumo de Impresión - Offset (kg)	Consumo de Otros Adhesivos Pegantes (kg)
1994	3.410.244,0	2.838.414,4	181.142,0	2.673.812,0	35.509.268,0
1995	15.144.133,0	3.869.073,1	395.262,0	2.187.860,0	37.098.912,0
1996	9.175.443,0	4.223.256,8	363.088,0	2.269.365,0	38.426.145,0
1997	23.172.273,0	1.741.233,4	422.074,0	3.722.922,0	33.309.979,0
1998	13.232.339,0	1.258.234,2	159.149,0	3.240.613,0	26.289.231,0
1999	18.983.501,0	1.553.862,8	225.869,0	2.978.536,0	24.490.590,0
2000	18.258.873,0	1.533.883,8	184.148,0	5.676.903,0	23.540.389,0
2001	14.701.009,0	1.807.152,3	213.245,0	5.291.687,0	24.008.637,0
2002	14.230.847,0	2.543.105,3	304.951,0	3.094.406,0	25.287.990,0
2003	13.841.595,0	2.117.837,6	489.153,0	2.857.896,0	27.936.730,0
2004	18.706.186,0	2.052.800,8	466.704,0	2.612.248,0	34.280.768,0
2005	37.049.404,0	1.814.646,1	395.262,0	3.500.856,0	30.763.040,0
2006	96.781.829,0	1.747.256,1	363.088,0	3.375.421,0	33.708.722,0
2007	62.106.423,0	2.130.357,9	422.074,0	2.242.926,0	35.732.545,0
2008	4.293.436,0	6.838.172,7	1.643.933,0	2.900.254,0	30.698.545,0
2009	3.299.826,0	2.389.059,9	499.677,0	3.196.935,0	28.478.748,0
2010	5.895.444,0	3.589.641,6	10.583.776,0	3.272.791,0	29.043.220,0
2011	17.052.505,0	7.738.571,1	11.065.573,0	6.189.654,7	34.376.653,0
2012	21.880.093,0	4.413.410,5	10.757.814,0	5.764.523,3	26.588.013,0
2013	25.316.722,0	3.693.906,9	10.326.906,0	2.361.513,0	35.891.325,0
2014	16.680.978,0	3.904.523,9	10.605.850,0	2.551.421,0	45.265.877,0
2015	16.253.368,0	3.631.168,9	11.452.577,0	2.387.166,0	42.956.347,0
2016	12.755.988,0	3.972.030,6	19.386.397,0	1.762.974,0	49.273.209,0
2017	13.233.636,0	3.813.752,0	13.710.922,0	1.240.564,0	40.472.549,0
2018	11.161.799,0	4.023.788,2	14.824.138,0	1.692.745,0	42.986.399,0
2019	16.883.525,0	9.374.588,9	16.272.896,0	2.038.488,0	44.577.542,0
2020	14.392.004,0	36.300.511,2	16.259.621,0	1.428.917,0	40.723.002,0
2021	82.593.280,0	42.193.646,9	16.465.367,0	1.695.082,0	42.146.845,0
2022	33.889.868,0	39.522.839,8	17.454.413,0	2.035.607,0	49.520.817,0
2023	31.777.308,0	45.925.171,3	15.639.951,0	1.971.625,0	43.660.981,0
2024	72.360.875,0	48.114.793,8	17.896.308,0	2.433.912,0	39.908.232,0

Fuente: Elaboración propia con datos del DANE

4.5.2.2 Factores de emisión aplicados en la categoría

La estimación de las emisiones de la categoría 2.D se realizó empleando factores de emisión de Nivel 1 y Nivel 2, de acuerdo con las Directrices del IPCC de 2006, V.3, Ch. 5 (Olivier et al., 2006) y el EMEP/EEA (2019h) (Tabla 4-72). Para las categorías 2.D.1. Uso de lubricantes y 2.D.2. Uso de cera de parafina se utilizaron los factores de contenido de carbono y los factores de oxidación durante el uso (ODU) establecidos por el IPCC, los cuales permitieron estimar la fracción del carbono que se oxida y se libera como CO_2 durante la vida útil de cada producto.

Para las subcategorías relacionadas con el uso de solventes (2.D.3), las emisiones de COVDM se estimaron mediante factores de emisión de Nivel 1, 2 y 2a del EMEP/EEA (2019h), seleccionados según el tipo de aplicación, incluyendo el uso de disolventes, desengrasantes, impresión y otros usos de solventes y productos. Estos factores representaron las emisiones de compuestos orgánicos volátiles derivadas de la evaporación o liberación de los solventes durante su utilización. Para cada una de las subcategorías se relacionan las guías aplicables en la Tabla 4-72.

Con respecto al BTR1, no se realizaron modificaciones en los factores de emisión empleados para esta categoría, manteniéndose las mismas fuentes metodológicas y niveles de estimación.

Tabla 4-72. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente: factores de emisión aplicados por fuente de GEI, carbono negro y contaminantes criterio

Subcategoría	Fuente FE	Nivel (Tier)	Clasificación	Contaminante	Valor	Unidad
2.D.1. Uso de lubricantes	IPCC, 2006, V. 3, Ch. 1, Cuadro 1.3	1	Aceites lubricantes	CO_2 – Contenido de carbono	20,0	t C / TJ
	IPCC, 2006, V. 3, Ch. 5, Cuadro 5.2	1		CO_2 – Factor ODU	0,2	N.A.
	IPCC, 2006, V. 3, Ch. 1, Cuadro 1.3	1	Grasas lubricantes	CO_2 – Contenido de carbono	20,0	t CO_2 / t
	IPCC, 2006, V. 3, Ch. 5, Cuadro 5.2	1		CO_2 – Factor ODU	5,0E-02	N.A.
2.D.2. Uso de cera de parafina	IPCC, 2006, V. 3, Ch. 1, Cuadro 1.3	1	Cera de parafina	CO_2 – Contenido de carbono	20,0	t C / TJ
	IPCC, 2006, V. 3, Ch. 5, Cuadro 5.2	1		CO_2 – Factor ODU	1,0	N.A.
2.D.3.a.i. Uso de disolventes	EMEP/EEA, 2019, V. 2, Ch. 2.D.3.a, Tabla 3.2	2a	N.A.	COVDM	950,0	g COVDM / kg
2.D.3.a.iv.2. Desengrasantes	EMEP/EEA, 2019, V. 2, Ch. 2.D.3.e, Tabla 3.1	1	N.A.	COVDM	460,0	g COVDM / kg
2.D.3.a.iv.5. Impresión	EMEP/EEA, 2019, V. 2, Ch. 2.D.3.h, Tabla 3.2	2	Offset	COVDM	730,0	g COVDM / kg
	EMEP/EEA, 2019, V. 2, Ch. 2.D.3.h, Tabla 3.5	2	Flexografía	COVDM	800,0	g COVDM / kg
2.D.3.a.iv.6. Otros usos de solventes y de productos	EMEP/EEA, 2019, V. 2, Ch. 2.D.3.i, 2.G, Tabla 3.11	2	N.A.	COVDM	522,0	g COVDM / kg

4.5.3 Descripción de flexibilidad aplicada en la categoría

No se aplicó ninguna flexibilidad.

4.5.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría

En la Tabla 4-73 se presentan los resultados de incertidumbre para la categoría 2.D. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solventes en los años seleccionados del periodo 1990-2024. Para estos años, la incertidumbre promedio fue de ±20,20 %. En 1990, la incertidumbre fue de ±18,0 %, mientras que en 2024 alcanzó ±22,3 %, lo que representa un aumento relativo del 23,89 %, equivalente a 4,3 puntos porcentuales.

Tabla 4-73. Resultados de incertidumbre (%) por propagación del error para 2.D. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente

Subcategoría	Cont	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
2.D. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solventes	Todos	18.0	19.6	18.2	18.3	20.1	19.3	21.3	21.4	21.7	22.0	22.3
2.D.1. Uso de lubricantes	CO2	25.0	25.0	24.7	24.7	24.9	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0
2.D.2. Uso de cera de parafina	CO2	25.1	25.1	25.1	25.1	25.1	25.1	25.1	25.1	25.1	25.1	25.1

Entre 1990 y 2015, la incertidumbre presentó un comportamiento fluctuante, con valores entre ±18,0 % y ±20,1 %. A partir de 2020 se observa una tendencia creciente y sostenida: la incertidumbre pasó de ±21,3 % en 2020 a ±21,4 % en 2021, ±21,7 % en 2022, ±22,0 % en 2023 y ±22,3 % en 2024, valor máximo entre los años analizados.

Las emisiones de la categoría corresponden a CO_2 generado por el uso no energético de lubricantes y ceras de parafina. En 2024, la incertidumbre de 2.D.1. Uso de lubricantes fue de ±25,0 %, mientras que para 2.D.2. Uso de cera de parafina alcanzó ±25,1 %.

Las incertidumbres de ambas subcategorías permanecieron prácticamente constantes durante el periodo analizado. Para el uso de lubricantes, los valores oscilaron entre ±24,7 % y ±25,0 %, mientras que la incertidumbre del uso de cera de parafina se mantuvo en ±25,1 %. En consecuencia, el aumento de la incertidumbre agregada de 2.D no responde a cambios importantes en los rangos asignados a cada fuente, sino principalmente a variaciones en su participación relativa dentro de las emisiones totales de la categoría.

4.5.5 AC/CC de la categoría

Además de las actividades transversales de control y aseguramiento de la calidad aplicadas a la totalidad del inventario, para la categoría 2.D. Uso de productos no energéticos procedentes de combustibles y solventes se implementaron los siguientes procedimientos específicos:

- Se verificó la integridad y consistencia de las bases de datos B0, B2, F2 y SectorCal correspondientes a las subcategorías estimadas de la categoría 2.D, garantizando que los datos de actividad, factores de emisión y demás parámetros utilizados en los cálculos fueran consistentes con la estructura estandarizada del inventario y estuvieran debidamente documentados.
- Se compararon las emisiones estimadas con las reportadas en el ciclo anterior del inventario, tanto a nivel de subcategoría como de serie temporal, con el fin de identificar variaciones significativas y verificar que estas respondieran a actualizaciones de los datos de actividad, recálculos o mejoras metodológicas implementadas durante el presente ciclo de reporte.
- Se revisó la consistencia de los datos de actividad empleados frente a las fuentes oficiales de información, verificando que las tendencias observadas fueran coherentes con el comportamiento de las actividades industriales y del consumo de productos utilizados como insumo para las estimaciones de esta categoría.
- Los resultados obtenidos para la categoría fueron revisados y socializados con las entidades proveedoras de información y los actores técnicos correspondientes, con el propósito de validar la coherencia de las estimaciones, fortalecer la transparencia del proceso e identificar oportunidades de mejora para futuros ciclos del inventario.

4.5.6 Nuevos cálculos de la categoría

Los recálculos de la categoría 2.D obedecieron principalmente a la actualización realizada en la subcategoría 2.D.1 (uso de lubricantes), la cual generó cambios en toda la serie temporal y, en consecuencia, en el total de la categoría 2.D. Durante la elaboración del BTR2 se revisó la información suministrada por la fuente oficial y se identificó una interpretación inadecuada de la unidad de reporte utilizada en el inventario anterior. Como resultado, fue necesario recalcular toda la serie histórica ajustando la unidad correspondiente, lo que incrementó de manera significativa las emisiones estimadas para esta subcategoría.

En la subcategoría 2.D.2 no se realizaron modificaciones metodológicas ni actualizaciones de los datos de actividad para la mayor parte de la serie temporal. Los únicos cambios correspondieron a la incorporación de las estimaciones para 1990 y 1991, como resultado de la ampliación de la serie histórica mediante técnicas de empalme, sin efectos sobre el resto del período. Para mayor detalle de los ajustes en los datos de actividad, véase la sección 4.5.2.1.

Tabla 4-74. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2) (kt CO_2eq)

Subcategoría	Reporte	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021
2.D.1. Uso de lubricantes	BTR1	0,0	0,10	0,56	0,62	0,66	0,16	0,08	0,09
2.D.1. Uso de lubricantes	BTR2	42,8	80,4	43,8	48,3	95,1	53,8	106,9	123,0
2.D.1. Uso de lubricantes	Diferencia	42,8	80,3	43,2	47,7	94,5	53,6	106,8	122,9
2.D.1. Uso de lubricantes	Diferencia (%)	100,0 %	80.039,7 %	7.708,1 %	7.662,5 %	14.344,7 %	34.083,1 %	140.166,9 %	139.182,6 %
2.D.1. Uso de lubricantes	**Efecto en total de subcategoría 2.D (%)**	***59,6 %***	***280,5 %***	***172,7 %***	***175,2 %***	***336,3 %***	***257,1 %***	***505,6 %***	***517,7 %***
2.D.1. Uso de lubricantes	**Efecto en total neto de subcategoría 2.D (%)**	***59,6 %***	***280,5 %***	***172,7 %***	***175,2 %***	***336,3 %***	***257,1 %***	***505,6 %***	***517,7 %***
2.D.2. Uso de cera de parafina	BTR1	0,0	28,5	24,5	26,6	27,4	20,7	21,1	23,7
2.D.2. Uso de cera de parafina	BTR2	29,1	28,5	24,5	26,6	27,4	20,7	21,1	23,7
2.D.2. Uso de cera de parafina	Diferencia	29,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2.D.2. Uso de cera de parafina	Diferencia (%)	100,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
2.D.2. Uso de cera de parafina	**Efecto en total de subcategoría 2.D (%)**	***40,4 %***	***0,0 %***	***0,0 %***	***0,0 %***	***0,0 %***	***0,0 %***	***0,0 %***	***0,0 %***
2.D.2. Uso de cera de parafina	**Efecto en total neto de subcategoría 2.D (%)**	***40,4 %***	***0,0 %***	***0,0 %***	***0,0 %***	***0,0 %***	***0,0 %***	***0,0 %***	***0,0 %***
2.D. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente	BTR1	-	28,6	25,0	27,2	28,1	20,8	21,1	23,7
2.D. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente	BTR2	71,8	108,9	68,2	74,9	122,6	74,5	128,0	146,7
2.D. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente	Diferencia	71,8	80,3	43,2	47,7	94,5	53,6	106,8	122,9
2.D. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente	Diferencia (%)	100,0 %	280,5 %	172,7 %	175,2 %	336,3 %	257,1 %	505,6 %	517,7 %
2.D. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente	**Efecto en total de sector (%)**	***1,7 %***	***1,4 %***	***0,9 %***	***0,7 %***	***1,4 %***	***0,6 %***	***1,0 %***	***1,0 %***
2.D. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente	**Efecto en total neto de sector (%)**	***1,7 %***	***1,4 %***	***0,9 %***	***0,7 %***	***1,4 %***	***0,6 %***	***1,0 %***	***1,0 %***
2. IPPU	BTR1	4.124,2	5.618,8	4.875,6	6.848,7	6.976,0	9.102,6	10.604,0	11.721,5
2. IPPU	BTR2	4.272,8	5.672,0	4.865,1	6.830,4	6.973,0	9.149,9	10.711,7	11.342,7
2. IPPU	**Diferencia5**	**148,6**	**53,2**	**- 10,5**	**- 18,3**	**- 2,9**	**47,3**	**107,6**	**- 378,8**
2. IPPU	**Diferencia (%)**	**3,6 %**	**0,9 %**	**-0,2 %**	**-0,3 %**	**0,0 %**	**0,5 %**	**1,0 %**	**-3,2 %**

5 Las diferencias reportadas para el total del sector 2. IPPU reflejan el efecto conjunto de las actualizaciones implementadas en todas las categorías del sector entre el BTR1 y el BTR2 y no únicamente de las modificaciones realizadas en la categoría 2.D.

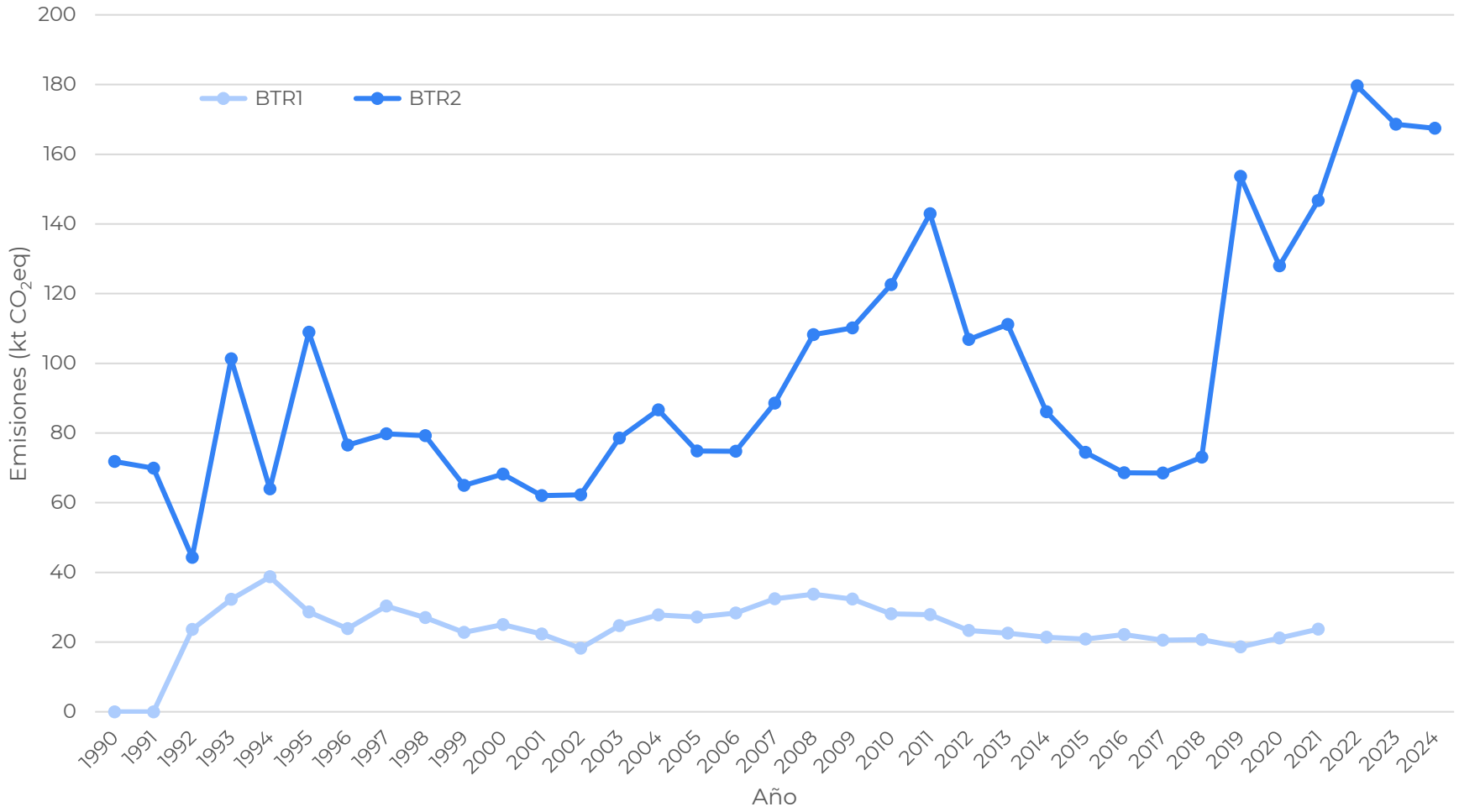


Figura 4-27. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2), 1990-2024

Fuente: Elaboración propia

4.5.7 Mejoras planeadas de la categoría

Durante el presente ciclo de elaboración del inventario no se identificaron actividades de mejora prioritarias para la categoría 2.D. Uso de productos no energéticos procedentes de combustibles y solventes, dado que la metodología, las fuentes de información y los procedimientos de estimación se consideran adecuados para las circunstancias nacionales y no se evidenciaron limitaciones que afectaran de manera significativa la calidad de las estimaciones.

4.6 Industria electrónica (CRT 2.E)

La categoría 2.E. Industria electrónica no ocurre en Colombia, debido a que en el país no se desarrollan procesos industriales de fabricación de semiconductores ni de pantallas planas que empleen gases fluorados u otras sustancias contempladas en las Directrices del IPCC de 2006 para esta categoría. En consecuencia, no se estiman ni reportan emisiones para esta categoría en el inventario nacional.

4.7 Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO) (CRT 2.F)

4.7.1 Descripción y tendencia de las emisiones y absorciones atmosféricas de la categoría

La categoría 2.F. Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO) comprende las emisiones derivadas del uso de hidrofluorocarbonos (HFC) y, en menor medida, perfluorocarbonos (PFC), empleados como sustitutos de los clorofluorocarbonos (CFC), halones, hidroclorofluorocarbonos (HCFC) y otras sustancias reguladas por el Protocolo de Montreal. Aunque estos compuestos no contribuyen al agotamiento de la capa de ozono, poseen un elevado potencial de calentamiento global, por lo que sus emisiones se incluyen en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (Ashford et al., 2006).

Las emisiones de esta categoría se generan durante la carga, operación, mantenimiento y disposición final de equipos y productos que contienen estos gases, así como durante aplicaciones en las que los compuestos son liberados de forma intencional durante su uso. Las Directrices del IPCC (2006a) distinguen entre aplicaciones que generan emisiones rápidas, como aerosoles o solventes, y aquellas en las que los gases permanecen almacenados durante varios años en equipos o productos, formando bancos que liberan emisiones de manera gradual, como ocurre en los sistemas de refrigeración, aire acondicionado, protección contra incendios y algunas espumas (Ashford et al., 2006).

En cumplimiento de los compromisos asumidos por Colombia en el marco del Protocolo de Montreal y la Enmienda de Kigali, la Resolución 130 de 2024 de Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible & Ministerio de Comercio estableció las medidas para la reducción gradual del consumo de hidrofluorocarbonos (HFC) en el país. La resolución define el ámbito de aplicación para los HFC puros y las mezclas que los contienen, establece la línea base nacional y el cronograma de reducción del consumo, así como los cupos máximos anuales para su importación, expresados en toneladas de CO_2eq, en concordancia con los compromisos internacionales asumidos por el país (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible & Ministerio de Comercio, 2024). Asimismo, la resolución fortalece el marco nacional para la gestión de estas sustancias mediante la implementación de requisitos de licenciamiento ambiental para su importación, mecanismos de asignación y seguimiento de cupos, obligaciones de reporte por parte de los importadores y disposiciones para promover la transición hacia alternativas con menor potencial de calentamiento atmosférico. Estas medidas contribuyen tanto al cumplimiento de la Enmienda de Kigali como a las acciones de mitigación incorporadas en la Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC) de Colombia.

En Colombia, para la categoría 2.F se estimaron únicamente las emisiones de HFC y PFC asociadas a las aplicaciones presentes en el país. No se estimaron emisiones de carbono negro ni contaminantes criterio, dado que para esta categoría no aplican estas estimaciones conforme a la Guía EMEP/EEA (2019h).

La utilización de las diferentes sustancias y mezclas empleadas como sustitutos de las sustancias agotadoras de la capa de ozono depende de sus propiedades físico-químicas y de los requerimientos técnicos de cada aplicación. En consecuencia, cada sustancia se encuentra asociada a usos específicos (por ejemplo, refrigeración, aire acondicionado, espumas, aerosoles, solventes o protección contra incendios), por lo que no todas las sustancias están presentes en todas las aplicaciones consideradas en el inventario.

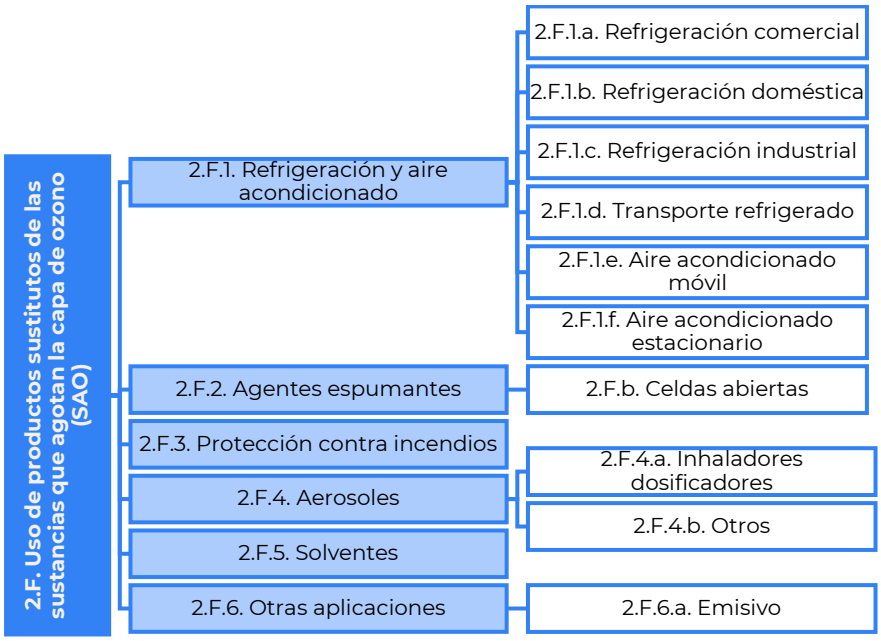


Figura 4-28. Uso de productos sustitutos de las SAO: Subcategorías estimadas en la categoría Uso de productos sustitutos de las SAO

La siguiente tabla muestra las emisiones de GEI para la categoría 2.F y sus correspondientes subcategorías:

Tabla 4-75. Uso de productos sustitutos de las SAO: Emisiones totales de GEI por categoría y subcategoría (kt CO_2eq)

Fuente	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
2.F. Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO)	**NO**	**NO**	**NO**	**305,7**	**928,9**	**2.180,2**	**4.077,4**	**3.834,5**	**4.866,3**	**4.700,0**	**4.864,0**
2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	NO	NO	NO	305,2	862,4	2.067,6	3.905,0	3.528,9	4.546,5	4.365,9	4.750,0
2.F.1.a. Refrigeración comercial	NO	NO	NO	NO	145,7	496,6	1.100,5	1.000,7	1.363,7	1.271,0	1.358,0
2.F.1.b. Refrigeración doméstica	NO	NO	NO	NO	118,0	289,3	516,7	384,2	398,3	342,4	305,1
2.F.1.c. Refrigeración industrial	NO	NO	NO	NO	155,0	496,1	948,7	814,1	1.092,1	982,3	1.140,6
2.F.1.d. Transporte refrigerado	NO	NO	NO	NO	17,2	49,1	86,6	69,1	90,1	74,8	88,2
2.F.1.e. Aire acondicionado móvil	NO	NO	NO	NO	107,8	261,6	677,5	629,0	792,8	763,5	829,3
2.F.1.f. Aire acondicionado estacionario	NO	NO	NO	305,2	318,7	474,9	575,0	631,7	809,5	932,0	1.028,8
2.F.2. Agentes espumantes	NO	NO	NO	NO	NO	0,1	18,9	170,6	147,3	201,8	12,0
2.F.2.b. Celdas abiertas	NO	NO	NO	NO	NO	0,1	18,9	170,6	147,3	201,8	12,0
2.F.3. Protección contra incendios	NO	NO	NO	NO	1,5	17,2	36,7	28,3	43,1	8,8	10,4
2.F.4. Aerosoles	NO	NO	NO	NO	63,4	94,2	114,0	104,0	126,2	118,7	88,3
2.F.4.a. Inhaladores dosificadores	NO	NO	NO	NO	63,3	92,5	113,5	103,8	125,8	96,2	44,1
2.F.4.b. Otros	NO	NO	NO	NO	0,1	1,7	0,5	0,2	0,4	22,4	44,1
2.F.5. Solventes	NO	NO	NO	NO	0,3	0,4	NO	NO	NO	NO	NO
2.F.6. Otras aplicaciones	NO	NO	NO	0,6	1,2	0,6	2,9	2,7	3,2	4,8	3,4

La categoría 2.F presentó emisiones únicamente a partir de 2001, año desde el cual se dispuso de información de actividad suministrada por la Unidad Técnica de Ozono (UTO). Desde entonces, como se aprecia en la Figura

4-29, las emisiones mostraron una tendencia general creciente, al pasar de 67,5 kt CO_2eq en 2001 a 4.864,0 kt CO_2eq en 2024. El incremento fue especialmente acelerado entre 2010 y 2020, periodo en el que las emisiones aumentaron de 928,9 kt CO_2eq a 4.077,4 kt CO_2eq, reflejando el mayor consumo y uso de sustancias fluoradas empleadas como sustitutos de las SAO en diferentes aplicaciones. Aunque en 2021 y 2023 se observaron reducciones temporales respecto al año inmediatamente anterior, la tendencia de largo plazo continuó siendo ascendente y en 2024 las emisiones alcanzaron uno de los valores más altos de toda la serie.

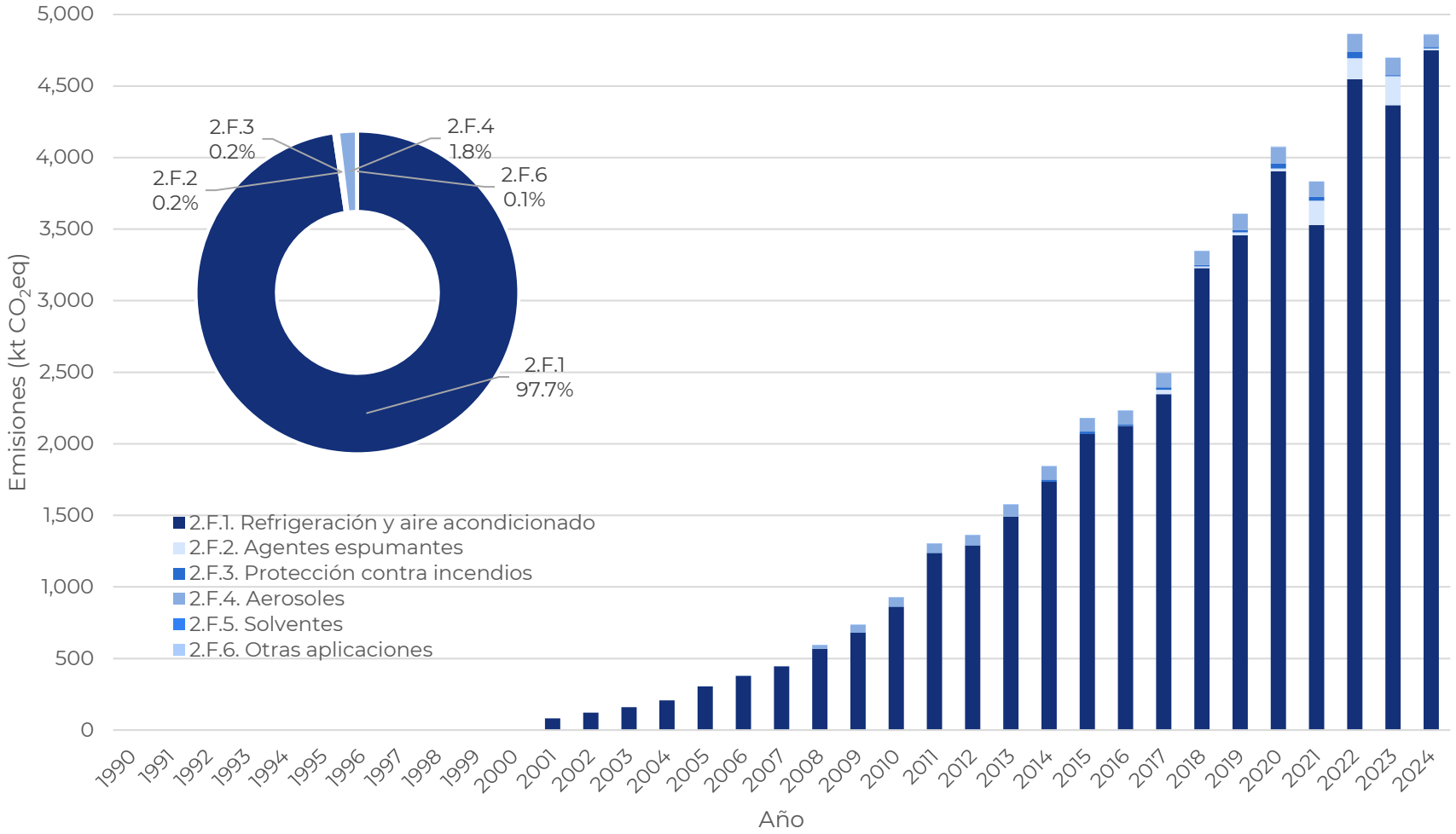


Figura 4-29. Uso de productos sustitutos de las SAO: Emisiones de GEI por fuente (kt CO_2eq), 1990-2024.

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la Figura 4-29, la subcategoría 2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado concentró el 97,7 % de las emisiones de la categoría en 2024 (4.750,0 kt CO_2eq), seguida a gran distancia por 2.F.4. Aerosoles (1,8 %), mientras que 2.F.2. Agentes espumantes, 2.F.3. Protección contra incendios, 2.F.6. Otras aplicaciones y 2.F.5. Solventes representaron contribuciones inferiores al 0,2 % cada una. En consecuencia, la evolución de las emisiones de la categoría estuvo determinada principalmente por el comportamiento del sector de refrigeración y aire acondicionado.

Tabla 4-76. Uso de productos sustitutos de las SAO: Emisiones totales de GEI (kt CO_2eq)

2.F.	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
CO_2	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
CH_4	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
N_2O	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
SF_6	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Total HFC	**NO**	**NO**	**NO**	**305,7**	**928,8**	**2.180,1**	**4.076,5**	**3.833,7**	**4.865,7**	**4.699,5**	**4.863,5**
HFC-23	NO	NO	NO	NO	8,2E-02	1,2E-01	0,4	0,4	0,2	0,3	0,3
HFC-32	NO	NO	NO	NO	3,5	31,0	99,4	105,6	137,7	159,9	182,1
HFC-125	NO	NO	NO	20,6	121,4	553,5	1.181,5	1.161,5	1.543,4	1.562,2	1.718,2
HFC-134a	NO	NO	NO	284,5	687,7	1.145,0	1.792,7	1.474,7	1.737,6	1.585,3	1.632,6
HFC-143a	NO	NO	NO	NO	114,1	441,1	977,4	908,8	1.282,5	1.176,7	1.308,0
HFC-152a	NO	NO	NO	0,6	1,2	0,6	2,9	2,7	3,2	4,8	3,4
HFC-227ea	NO	NO	NO	NO	0,7	7,2	7,6	49,8	48,3	55,9	6,4
HFC-236fa	NO	NO	NO	NO	NO	NO	1,1E-01	0,3	0,5	0,7	0,6
HFC-245fa	NO	NO	NO	NO	1,8E-02	2,0E-01	1,1E-01	3,5E-02	8,3E-02	8,3E-02	12,0
HFC-365mfc	NO	NO	NO	NO	1,7E-02	7,0E-02	14,5	129,9	112,2	153,7	NO
HFC-4310mee	NO	NO	NO	NO	NO	1,3	NO	NO	NO	NO	NO
Total PFC	**NO**	**NO**	**NO**	**NO**	**8,6E-02**	**1,2E-01**	**0,9**	**0,7**	**0,6**	**0,6**	**0,5**
PFC-14	NO	NO	NO	NO	NO	NO	4,3E-02	0,1	0,2	0,2	0,2
PFC-218	NO	NO	NO	NO	NO	NO	0,5	0,4	0,3	0,3	0,2
R-116 / PFC-116	NO	NO	NO	NO	8,6E-02	1,2E-01	3,6E-01	2,1E-01	8,2E-02	4,3E-02	3,6E-02

En esta categoría únicamente se estimaron emisiones de hidrofluorocarbonos (HFC) y, en menor medida, de perfluorocarbonos (PFC). No se estimaron emisiones de CO_2, CH_4, N_2O ni SF_6. En 2024, los HFC representaron más del 99,9 % de las emisiones de la categoría (4.863,5 kt CO_2eq), mientras que los PFC aportaron únicamente 0,5 kt CO_2eq, lo que evidenció que el comportamiento de la categoría estuvo determinado casi en su totalidad por el consumo y uso de HFC como sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono.

Entre los HFC, el HFC-134a fue la sustancia predominante durante los primeros años de la serie, con emisiones que aumentaron de 81,7 kt CO_2eq en 2001 a un máximo de 1.792,7 kt CO_2eq en 2020. Sin embargo, a partir de 2022 el HFC-125 pasó a ser la principal sustancia emitida, alcanzando 1.718,2 kt CO_2eq en 2024, seguido por el HFC-134a (1.632,6 kt CO_2eq) y el HFC-143a (1.308,0 kt CO_2eq). También se observó un incremento progresivo de las emisiones de HFC-32, que pasaron de 3,5 kt CO_2eq en 2010 a 182,1 kt CO_2eq en 2024, reflejando una mayor participación de mezclas y sustancias que contienen este compuesto.

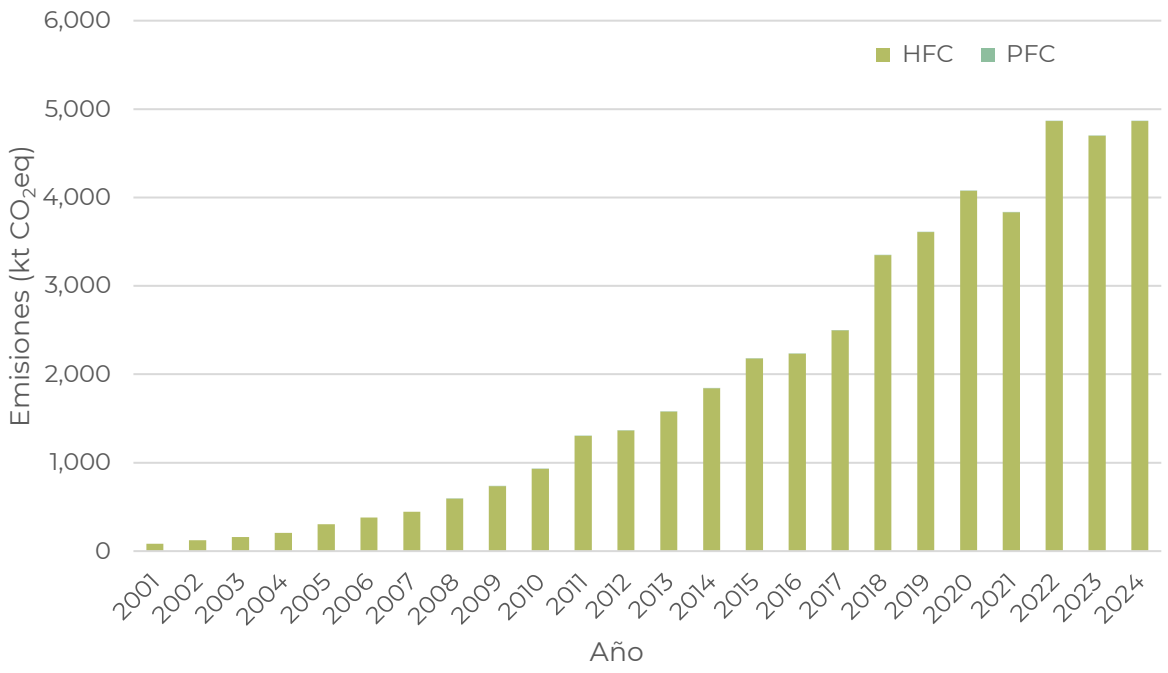


Figura 4-30. Uso de productos sustitutos de las SAO: Emisiones categorizadas por HFC y PFC (kt CO_2eq), 2001-2024

Fuente: Elaboración propia

Otras sustancias, como HFC-152a, HFC-227ea, HFC-236fa, HFC-245fa, HFC-365mfc y HFC-4310mee, presentaron emisiones considerablemente menores y, en algunos casos, asociadas a periodos específicos de uso. En particular, el HFC-365mfc registró un incremento importante entre 2021 y 2023, con un máximo de 153,7 kt CO_2eq, sin emisiones reportadas en 2024, mientras que el HFC-4310mee únicamente presentó emisiones entre 2013 y 2017.

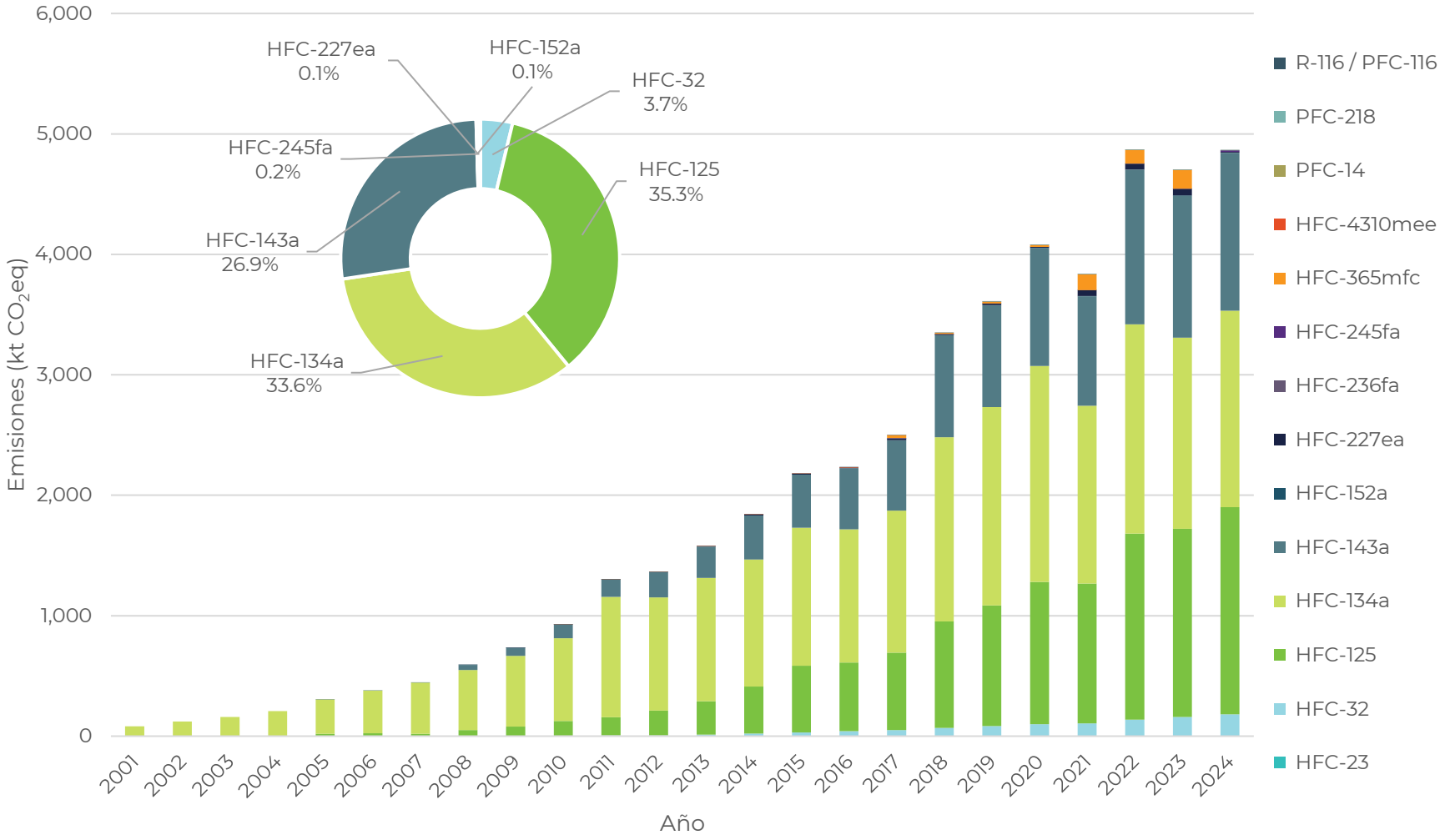


Figura 4-31. Uso de productos sustitutos de las SAO: Emisiones totales de GEI (kt CO_2eq), 2001-2024

Fuente: Elaboración propia

La siguiente tabla presenta las emisiones por cada uno de los gases en las diferentes subcategorías.

Tabla 4-77. Uso de productos sustitutos de las SAO: Emisiones de GEI por subcategoría (kt CO_2eq)

GEI	2001	2005	2010	2015	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
2.F.1.	**81,7**	**305,2**	**862,4**	**2.067,6**	**3.227,4**	**3.456,0**	**3.905,0**	**3.528,9**	**4.546,5**	**4.365,9**	**4.750,0**
Total HFC	*81,7*	*305,2*	*862,3*	*2.067,5*	*3.227,2*	*3.455,3*	*3.904,2*	*3.528,1*	*4.545,9*	*4.365,4*	*4.749,5*
HFC-23	NO	NO	8,2E-02	1,2E-01	0,2	0,2	0,4	0,4	0,2	0,3	0,3
HFC-32	NO	NO	3,5	31,0	68,4	84,3	99,4	105,6	137,7	159,9	182,1
HFC-125	NO	20,6	120,6	543,4	879,1	992,4	1.147,9	1.142,3	1.513,6	1.561,2	1.714,3
HFC-134a	81,7	284,5	624,0	1.051,8	1.432,0	1.533,5	1.679,0	1.370,8	1.611,6	1.466,7	1.544,3
HFC-143a	NO	NO	114,1	441,1	847,3	844,6	977,4	908,8	1.282,5	1.176,7	1.308,0
HFC-236fa	NO	NO	NO	NO	1,5E-01	1,2E-01	1,1E-01	0,3	0,4	0,5	0,5
Total PFC	*NO*	*NO*	*8,6E-02*	*1,2E-01*	*0,2*	*0,7*	*0,9*	*0,7*	*0,6*	*0,6*	*0,5*
PFC-14	NO	NO	NO	NO	6,0E-02	5,1E-02	4,3E-02	1,4E-01	0,2	0,2	0,2
PFC-218	NO	NO	NO	NO	NO	0,5	0,5	0,4	0,3	0,3	0,2
R-116 / PFC-116	NO	NO	8,6E-02	1,2E-01	1,3E-01	1,4E-01	0,4	0,2	8,2E-02	4,3E-02	3,6E-02
2.F.2.	NO	NO	NO	**1,2E-01**	**11,7**	**21,7**	**18,9**	**170,6**	**147,3**	**201,8**	**12,0**
HFC-227ea	NO	NO	NO	NO	2,8	5,2	4,5	40,7	35,2	48,2	NO
HFC-245fa	NO	NO	NO	1,2E-01	NO	NO	NO	NO	NO	NO	12,0
HFC-365mfc	NO	NO	NO	NO	8,9	16,5	14,4	129,9	112,1	153,6	NO
2.F.3.	**NO**	**NO**	**1,5**	**17,2**	**9,9**	**17,1**	**36,7**	**28,3**	**43,1**	**8,8**	**10,4**
HFC-125	NO	NO	0,8	10,1	4,3	9,1	33,6	19,2	29,9	1,0	3,9
HFC-227ea	NO	NO	0,7	7,2	5,6	8,1	3,1	9,1	13,1	7,7	6,4
HFC-236fa	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	0,2	0,2	0,1
2.F.4.	**NO**	**NO**	**63,4**	**94,2**	**97,8**	**111,6**	**114,0**	**104,0**	**126,2**	**118,7**	**88,3**
HFC-134a	NO	NO	63,4	92,7	97,7	111,5	113,8	103,9	126,0	118,5	88,3
HFC-245fa	NO	NO	1,8E-02	7,5E-02	4,6E-02	8,3E-02	1,1E-01	3,5E-02	8,3E-02	8,3E-02	NO
HFC-365mfc	NO	NO	1,7E-02	7,0E-02	4,3E-02	7,8E-02	1,0E-01	3,2E-02	7,8E-02	7,8E-02	NO
HFC-4310mee	NO	NO	NO	1,3	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.F.5.	**NO**	**NO**	**0,3**	**0,4**	**0,4**	**NO**	**NO**	**NO**	**NO**	**NO**	**NO**
HFC-134a	NO	NO	0,3	0,4	0,4	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.F.6.	**NO**	**0,6**	**1,2**	**0,6**	**1,9**	**2,4**	**2,9**	**2,7**	**3,2**	**4,8**	**3,4**
HFC-152a	NO	0,6	1,2	0,6	1,9	2,4	2,9	2,7	3,2	4,8	3,4

2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado: Incluye las emisiones provenientes de la utilización de refrigerantes fluorados en equipos de refrigeración y aire acondicionado durante la fabricación, carga inicial, operación, mantenimiento y disposición final de los equipos (Ashford et al., 2006). Debido a la diversidad de aplicaciones y patrones de emisión, esta subcategoría se subdivide en seis tipos de sistemas que dan origen a las subcategorías que se verán más adelante. 2.F.1 concentró la mayor parte de las emisiones asociadas a 2.F, representando 97,7 % del total de la categoría en 2024. Las emisiones mostraron una tendencia creciente durante toda la serie, pasando de 81,7 kt CO_2eq en 2001 a 4.750,0 kt CO_2eq en 2024, en concordancia con el incremento en el consumo y uso de refrigerantes fluorados en las diferentes aplicaciones de refrigeración y aire acondicionado.

Durante los primeros años de la serie, las emisiones estuvieron dominadas casi exclusivamente por el HFC-134a, que fue la única sustancia reportada entre 2001 y 2004. A partir de 2005 comenzaron a incorporarse otras sustancias, especialmente HFC-125, mientras que desde 2008 también se registraron emisiones de HFC-32, HFC-143a, HFC-23 y de algunos PFC presentes en mezclas refrigerantes. Como resultado, la composición de las emisiones se diversificó progresivamente.

En 2024, las principales contribuciones correspondieron al HFC-125 (1.714,3 kt CO_2eq), HFC-134a (1.544,3 kt CO_2eq) y HFC-143a (1.308,0 kt CO_2eq), que en conjunto representaron aproximadamente el 96 % de las emisiones de la subcategoría. Asimismo, el HFC-32 alcanzó 182,1 kt CO_2eq, mostrando un crecimiento sostenido desde su primera aparición en 2008 (1,2 kt CO_2eq), mientras que las emisiones de HFC-23, HFC-236fa, PFC-14, PFC-218 y R-116/PFC-116 permanecieron por debajo de 1 kt CO_2eq durante toda la serie, con una incidencia marginal sobre el total de emisiones.

Tabla 4-78. Uso de productos sustitutos de las SAO: Emisiones de GEI de la subcategoría 2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado (kt CO_2eq)

GEI	2001	2005	2010	2015	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
2.F.1.a.	**NO**	**NO**	**145,7**	**496,6**	**931,2**	**958,7**	**1.100,5**	**1.000,7**	**1.363,7**	**1.271,0**	**1.358,0**
HFC-32	NO	NO	3,3E-02	1,1E-01	1,7E-01	1,4E-01	0,4	0,3	0,4	0,4	0,5
HFC-125	NO	NO	35,4	146,1	275,0	289,0	343,0	330,0	455,9	434,5	453,5
HFC-134a	NO	NO	61,8	152,7	266,0	264,7	269,4	200,4	232,1	197,1	217,3
HFC-143a	NO	NO	48,5	197,6	390,1	404,8	487,7	470,0	675,3	639,0	686,6
2.F.1.b.	**NO**	**NO**	**118,0**	**289,3**	**451,4**	**459,9**	**516,7**	**384,2**	**398,3**	**342,4**	**305,1**
HFC-32	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	4,0
HFC-125	NO	NO	9,3	23,8	27,2	29,6	48,6	37,1	23,1	10,9	0,2
HFC-134a	NO	NO	108,6	265,5	424,2	429,8	467,6	346,7	374,9	331,2	300,6
PFC-218	NO	NO	NO	NO	NO	0,5	0,5	0,4	0,3	0,3	0,2
2.F.1.c.	**NO**	**NO**	**155,0**	**496,1**	**910,2**	**899,0**	**948,7**	**814,1**	**1.092,1**	**982,3**	**1.140,6**
HFC-23	NO	NO	0,1	0,1	0,2	0,2	0,4	0,4	0,2	0,3	0,3
HFC-32	NO	NO	0,6	2,1	3,2	4,3	6,0	6,2	9,7	11,1	14,0
HFC-125	NO	NO	46,9	152,4	278,1	302,6	312,8	286,6	393,1	373,6	433,4
HFC-134a	NO	NO	46,8	115,0	201,3	180,0	167,5	104,5	113,5	84,1	102,1
HFC-143a	NO	NO	60,5	226,4	427,1	411,6	461,5	415,8	575,0	512,4	590,1
HFC-236fa	NO	NO	NO	NO	1,5E-01	1,2E-01	1,1E-01	0,3	0,4	0,5	0,5
PFC-14	NO	NO	NO	NO	6,0E-02	5,1E-02	4,3E-02	1,4E-01	0,2	0,2	0,2
R-116 / PFC-116	NO	NO	8,6E-02	1,2E-01	1,3E-01	1,4E-01	0,4	0,2	8,2E-02	4,3E-02	3,6E-02
2.F.1.d.	**NO**	**NO**	**17,2**	**49,1**	**87,3**	**85,5**	**86,6**	**69,1**	**90,1**	**74,8**	**88,2**
HFC-32	NO	NO	NO	NO	NO	0,2	0,3	0,4	0,6	0,7	0,8
HFC-125	NO	NO	2,9	9,6	16,9	16,6	17,1	14,7	20,9	17,5	21,2
HFC-134a	NO	NO	9,2	22,4	40,3	40,4	41,1	31,0	36,4	31,3	34,9
HFC-143a	NO	NO	5,2	17,1	30,2	28,3	28,2	23,0	32,2	25,3	31,3
2.F.1.e.	**NO**	**NO**	**107,8**	**261,6**	**467,1**	**587,0**	**677,5**	**629,0**	**792,8**	**763,5**	**829,3**
HFC-134a	NO	NO	107,8	261,6	467,1	587,0	677,5	629,0	792,8	763,5	829,3
2.F.1.f.	**81,7**	**305,2**	**318,7**	**474,9**	**380,1**	**466,0**	**575,0**	**631,7**	**809,5**	**932,0**	**1.028,8**
HFC-32	NO	NO	2,8	28,8	65,0	79,7	92,8	98,8	126,9	147,7	162,8
HFC-125	NO	20,6	26,1	211,6	282,0	354,7	426,3	473,9	620,7	724,7	805,9
HFC-134a	81,7	284,5	289,8	234,5	33,1	31,6	55,9	59,1	61,9	59,5	60,0

2.F.1.a. Refrigeración comercial: Comprende equipos utilizados en supermercados, tiendas, restaurantes, hoteles y otros establecimientos comerciales destinados a la conservación o exhibición de alimentos y bebidas, incluyendo vitrinas refrigeradas, cámaras frigoríficas y sistemas centralizados de refrigeración (Ashford et al., 2006). Esta subcategoría presentó un incremento sostenido de las emisiones desde el inicio de la serie en 2008, pasando de 49,5 kt CO_2eq a 1.358,0 kt CO_2eq en 2024. Este comportamiento reflejó el aumento en el uso de refrigerantes fluorados en este tipo de aplicaciones, con un crecimiento particularmente marcado a partir de 2018, cuando las emisiones superaron las 900 kt CO_2eq, alcanzando su máximo en 2024.

Como se observa en la Figura 4-32, la composición de las emisiones evolucionó a lo largo del periodo analizado. Mientras que en los primeros años predominó el HFC-134a, desde 2014 se incrementó de manera importante la participación del HFC-143a y el HFC-125, que en 2024 constituyeron las principales sustancias emitidas, con 686,6 kt CO_2eq y 453,5 kt CO_2eq, respectivamente. Por su parte, el HFC-134a aportó 217,3 kt CO_2eq, mientras que las emisiones de HFC-32 fueron reducidas (0,5 kt CO_2eq) durante toda la serie.

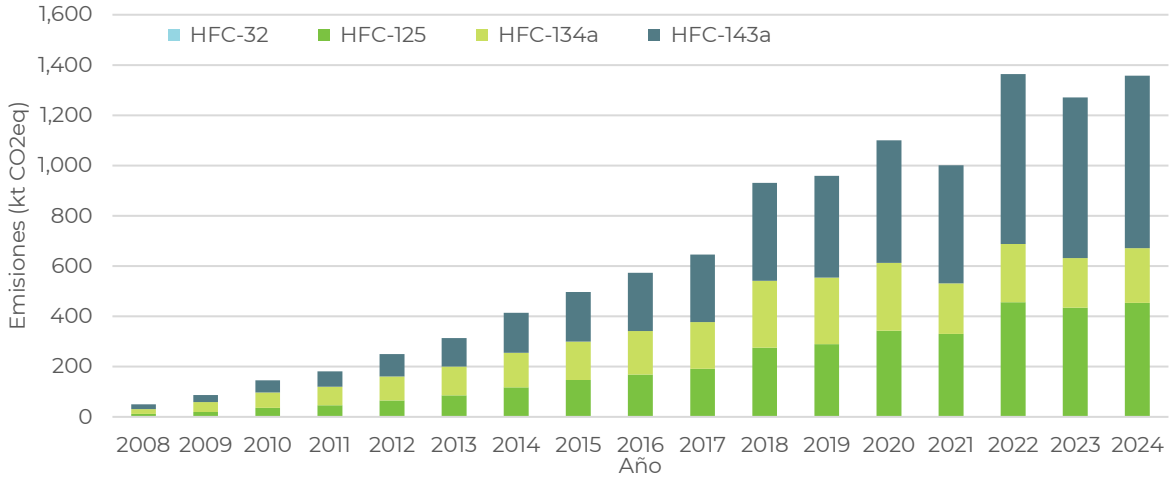


Figura 4-32. Uso de productos sustitutos de las SAO: Emisiones de GEI para la subcategoría 2.F.1.a (kt CO_2eq), 2008-2024

Fuente: Elaboración propia

2.F.1.b. Refrigeración doméstica: Incluye refrigeradores y congeladores de uso residencial, caracterizados por bajas tasas de fuga durante la vida útil y emisiones principalmente asociadas al mantenimiento y al fin de la vida útil de los equipos (Ashford et al., 2006). Como se observa en la Figura 4-33, el HFC-134a representó la mayor parte de las emisiones de la subcategoría, alcanzando un máximo de 467,6 kt CO_2eq en 2020 y disminuyendo posteriormente hasta 300,6 kt CO_2eq en 2024. El HFC-125 presentó una contribución mucho menor, con un pico de 48,6 kt CO_2eq en 2020 y una reducción hasta 0,2 kt CO_2eq en 2024. En los últimos años también se registraron emisiones muy bajas de HFC-32 (4,0 kt CO_2eq en 2024) y de PFC-218 (0,2 kt CO_2eq en 2024), cuya participación en el total de la subcategoría fue marginal.

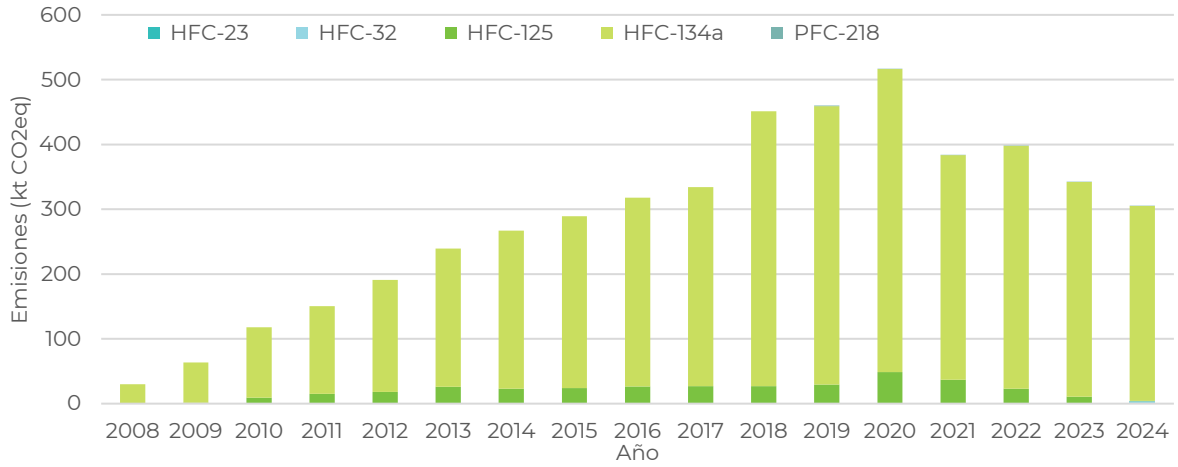


Figura 4-33. Uso de productos sustitutos de las SAO: Emisiones de GEI para la subcategoría 2.F.1.b (kt CO_2eq), 2008-2024

Fuente: Elaboración propia

2.F.1.c. Refrigeración industrial: Corresponde a sistemas de refrigeración de gran capacidad utilizados en procesos industriales, plantas de alimentos y bebidas, instalaciones de almacenamiento en frío y otros procesos productivos que requieren control de temperatura (Ashford et al., 2006). Esta subcategoría aportó 24,0 % de las emisiones de 2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado en 2024, consolidándose como la segunda fuente de emisiones dentro de esta categoría. Sus emisiones aumentaron de 155,0 kt CO_2eq en 2010 a 1.140,6 kt CO_2eq en

2024, con una tendencia general creciente, aunque con reducciones temporales en 2021 y 2023, seguidas de una recuperación en 2022 y 2024.

Como se observa en la Figura 4-34, las emisiones estuvieron dominadas por HFC-143a, que alcanzó 590,1 kt CO_2eq en 2024, seguido por HFC-125 con 433,4 kt CO_2eq. El HFC-134a presentó una participación menor y una tendencia descendente desde 2018, al pasar de 201,3 kt CO_2eq a 102,1 kt CO_2eq en 2024. Los aportes de HFC-32, HFC-23, HFC-236fa y los PFC fueron reducidos durante todo el periodo y representaron una fracción marginal de las emisiones de la subcategoría.

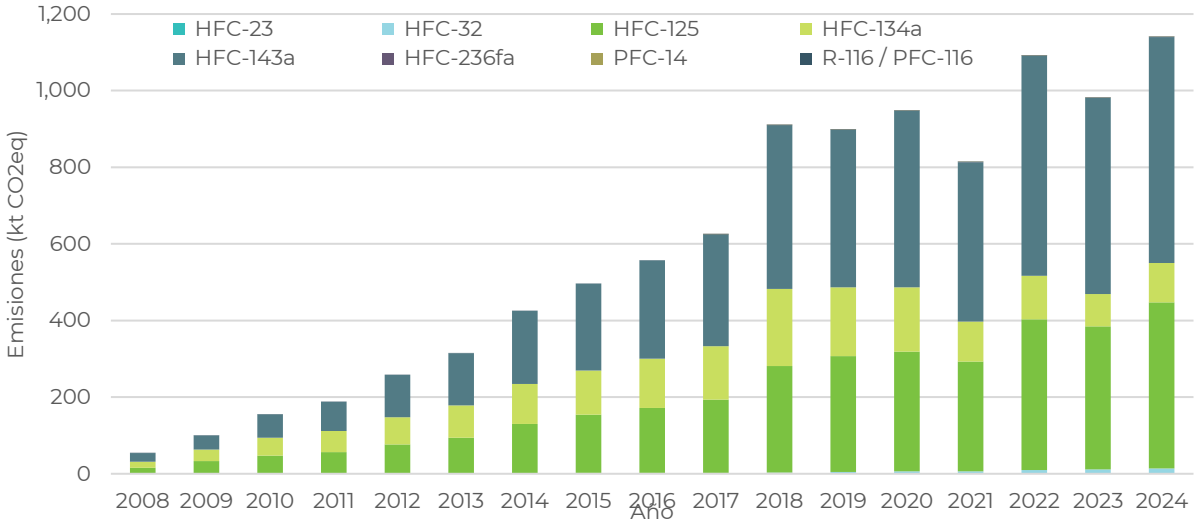


Figura 4-34. Uso de productos sustitutos de las SAO: Emisiones de GEI para la subcategoría 2.F.1.c (kt CO_2eq), 2008-2024

2.F.1.d. Transporte refrigerado: Incluye los sistemas de refrigeración instalados en camiones, remolques, contenedores, vagones ferroviarios y otras unidades destinadas al transporte de mercancías refrigeradas o congeladas (Ashford et al., 2006). Esta subcategoría representó 1,9 % de las emisiones de 2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado en 2024. Sus emisiones aumentaron de 17,2 kt CO_2eq en 2010 a 88,2 kt CO_2eq en 2024, con una tendencia general de crecimiento, aunque con reducciones temporales entre 2021 y 2023, seguidas de una recuperación en 2024. Como se observa en la Figura 4-35, las emisiones estuvieron dominadas por HFC-134a, que alcanzó 34,9 kt CO_2eq en 2024, seguido por HFC-143a (31,3 kt CO_2eq) y HFC-125 (21,2 kt CO_2eq). El HFC-32 comenzó a registrarse a partir de 2019 y mantuvo una participación reducida, con 0,8 kt CO_2eq en 2024. En conjunto, la composición de las emisiones permaneció relativamente estable durante el periodo analizado, con predominio de estos tres HFC principales.

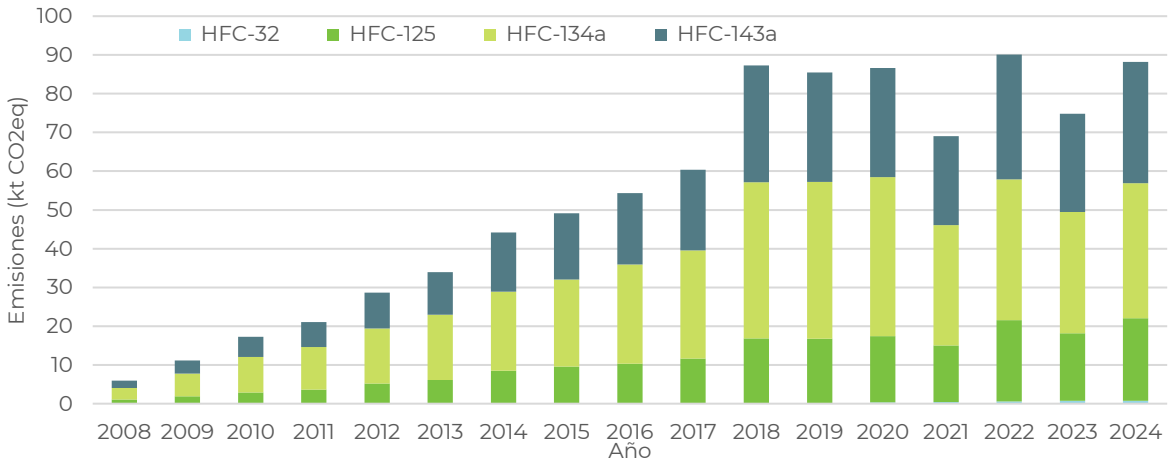


Figura 4-35. Uso de productos sustitutos de las SAO: Emisiones de GEI para la subcategoría 2.F.1.d (kt CO_2eq), 2008-2024

2.F.1.e. Aire acondicionado móvil: Comprende los sistemas de aire acondicionado instalados en vehículos automotores, principalmente automóviles, camionetas, buses y otros vehículos de transporte terrestre (Ashford

et al., 2006). Esta subcategoría representó 17,5 % de las emisiones de 2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado en 2024. Sus emisiones aumentaron de 107,8 kt CO_2eq en 2010 a 829,3 kt CO_2eq en 2024, con una tendencia creciente durante la mayor parte del periodo. Se observó un incremento especialmente marcado entre 2017 y 2020, seguido de una disminución en 2021, una recuperación en 2022, una leve reducción en 2023 y un nuevo aumento en 2024.

Como se observa en la Figura 4-36, las emisiones de esta subcategoría estuvieron asociadas exclusivamente al HFC-134a, cuyo comportamiento reprodujo la tendencia total de las emisiones. Este gas pasó de 34,6 kt CO_2eq en 2008 a 829,3 kt CO_2eq en 2024, reflejando su predominio como sustancia empleada en esta aplicación durante todo el periodo analizado.

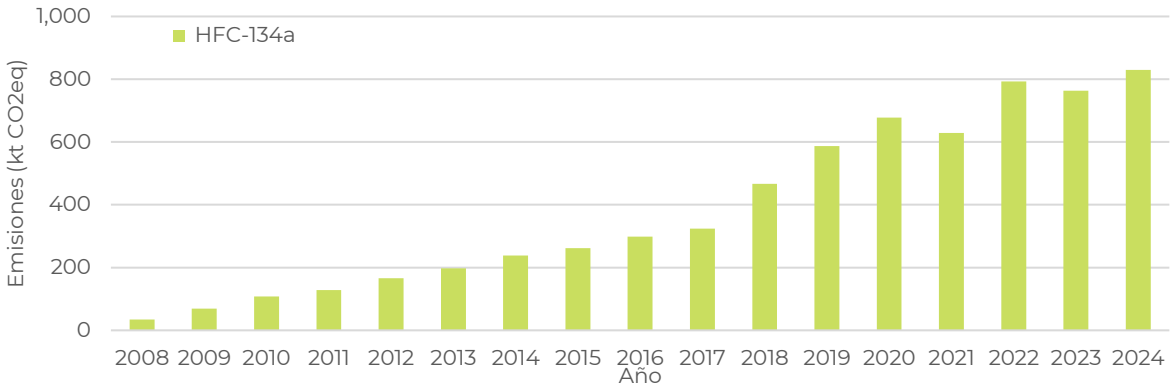


Figura 4-36. Uso de productos sustitutos de las SAO: Emisiones de GEI para la subcategoría 2.F.1.e (kt CO_2eq), 2008-2024

2.F.1.f. Aire acondicionado estacionario Incluye los sistemas fijos de aire acondicionado utilizados en edificios residenciales, comerciales e industriales, tales como equipos tipo ventana, minisplit, sistemas centrales y unidades de expansión directa (Ashford et al., 2006). Esta subcategoría representó 21,7 % de las emisiones de 2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado en 2024. Sus emisiones aumentaron de 318,7 kt CO_2eq en 2010 a 1.028,8 kt CO_2eq en 2024, con una tendencia general creciente, aunque con fluctuaciones durante el periodo analizado. Después de una disminución entre 2011 y 2014, las emisiones retomaron una trayectoria ascendente a partir de 2015, alcanzando su valor máximo al final de la serie.

Como se observa en la Figura 4-37, la composición de las emisiones cambió de manera importante a lo largo del periodo. En los primeros años predominó el HFC-134a, pero su contribución disminuyó progresivamente, pasando de 533,5 kt CO_2eq en 2011 a 60,0 kt CO_2eq en 2024. En contraste, el HFC-125 presentó un crecimiento sostenido y se convirtió en el principal gas de la subcategoría, alcanzando 805,9 kt CO_2eq en 2024. El HFC-32 también mostró un incremento continuo desde su incorporación en 2008, llegando a 162,8 kt CO_2eq al final de la serie, lo que evidenció una transición en la composición de las sustancias empleadas en esta aplicación.

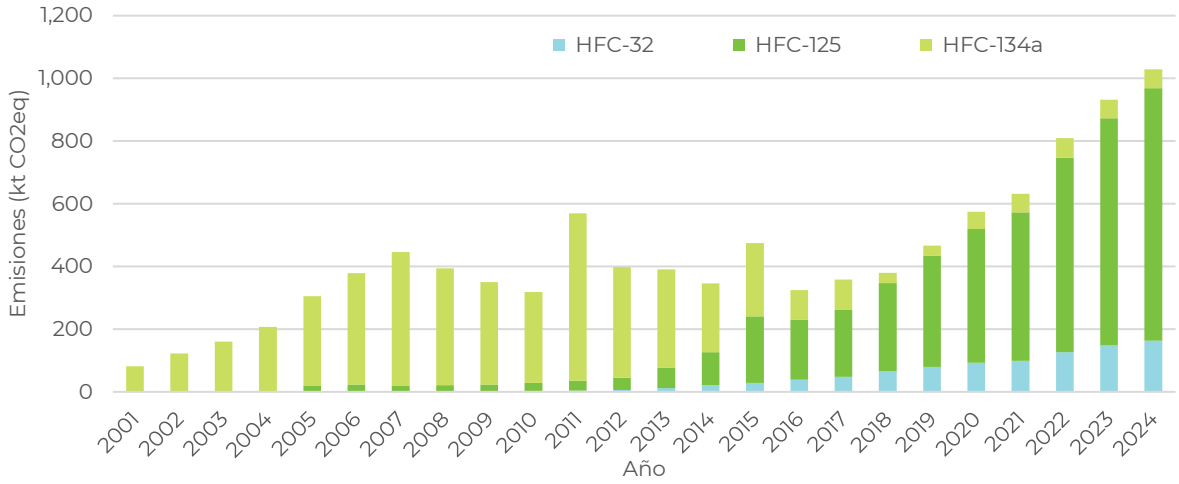


Figura 4-37. Uso de productos sustitutos de las SAO: Emisiones de GEI para la subcategoría 2.F.1.f (kt CO_2eq), 2001-2024

2.F.2. Agentes espumantes: Comprende las emisiones de HFC y otros gases fluorados utilizados como agentes de expansión en la fabricación de espumas plásticas, tanto rígidas como flexibles, empleadas principalmente para aislamiento térmico, refrigeración, construcción y embalajes. En este ciclo del inventario se incluyeron las emisiones asociadas a espumas de celdas abiertas, donde una parte importante del agente espumante es liberada poco tiempo después de la fabricación (Ashford et al., 2006). Esta subcategoría representó 0,2 % de las emisiones de 2.F. en 2024. Las emisiones permanecieron prácticamente nulas hasta 2017 y, posteriormente, presentaron un comportamiento variable, con incrementos importantes en 2021 y 2023, cuando alcanzaron 170,6 kt CO_2eq y 201,8 kt CO_2eq, respectivamente. En 2024 las emisiones descendieron a 12,0 kt CO_2eq, reflejando una reducción significativa frente al año anterior. Como se observa en la Figura 4-38, la composición de las emisiones estuvo dominada por HFC-365mfc y HFC-227ea durante los años de mayores emisiones.

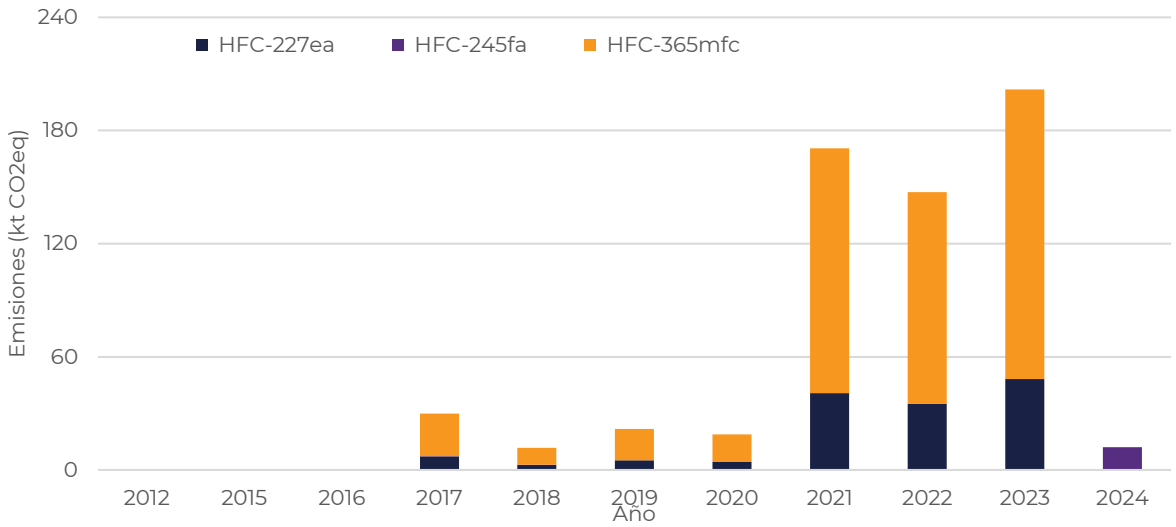


Figura 4-38. Uso de productos sustitutos de las SAO: Emisiones de GEI para la subcategoría 2.F.2 (kt CO_2eq), 2012-2024

2.F.3. Protección contra incendios: Incluye las emisiones provenientes de sistemas fijos y portátiles de extinción de incendios que utilizan HFC como agentes extintores. Las emisiones pueden ocurrir durante la carga, pruebas, mantenimiento, descargas accidentales o al final de la vida útil de los equipos(Ashford et al., 2006). Esta subcategoría representó el 0,2 % de las emisiones de 2.F en 2024. Las emisiones fueron bajas durante toda la serie y presentaron un comportamiento fluctuante, con incrementos importantes en 2020 y 2022, cuando alcanzaron 36,7 kt CO_2eq y 43,1 kt CO_2eq, respectivamente. Posteriormente, las emisiones disminuyeron hasta 10,4 kt CO_2eq en 2024.

Como se observa en la

Figura 4-39, las emisiones estuvieron dominadas por HFC-125 y HFC-227ea, cuya contribución relativa varió entre años. El HFC-125 fue el principal contribuyente en los años de mayores emisiones, alcanzando 33,6 kt CO_2eq en 2020 y 29,9 kt CO_2eq en 2022, mientras que el HFC-227ea presentó un comportamiento más estable, con un máximo de 13,1 kt CO_2eq en 2022. El HFC-236fa comenzó a registrarse en 2022, no obstante, su aporte fue marginal, con emisiones inferiores a 0,2 kt CO_2eq durante todo el periodo en que estuvo presente.

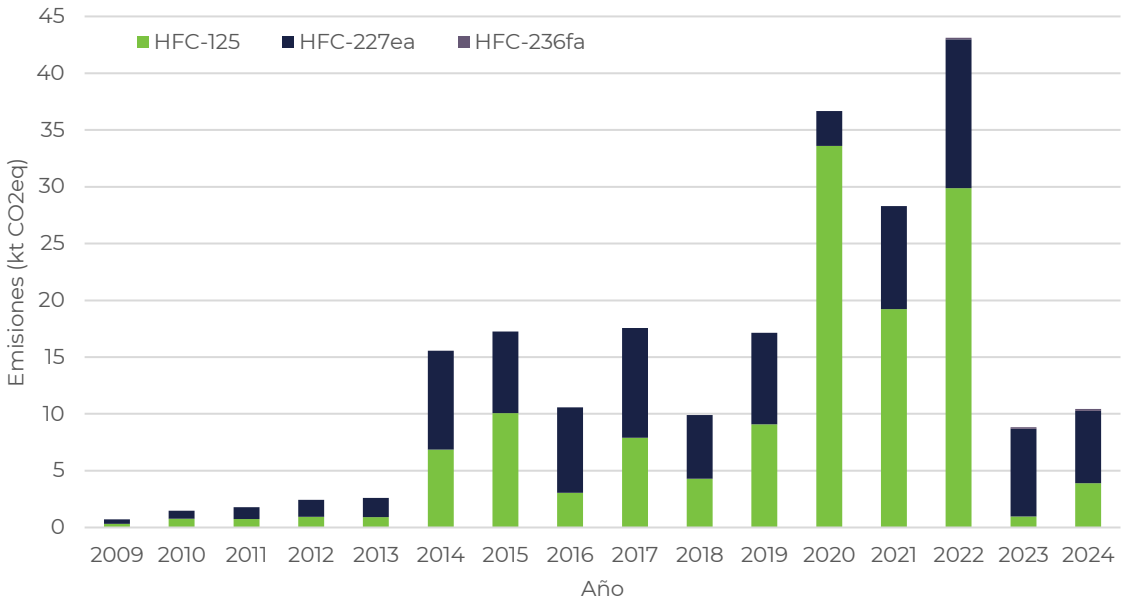


Figura 4-39. Uso de productos sustitutos de las SAO: Emisiones de GEI para la subcategoría 2.F.3 (kt CO_2eq), 2009-2024

2.F.4. Aerosoles: Comprende el uso de HFC como propelentes en productos en aerosol y otras aplicaciones relacionadas. En este ciclo del inventario se distinguen dos subcategorías: 2.F.4.a. Inhaladores dosificadores, correspondientes a dispositivos farmacéuticos para la administración de medicamentos, y 2.F.4.b. Otros, que agrupa los restantes usos de aerosoles distintos a los inhaladores médicos (Ashford et al., 2006). Esta subcategoría representó el 1,8 % de las emisiones de 2.F en 2024. Las emisiones mostraron una tendencia creciente desde el inicio de la serie, alcanzando un máximo de 126,2 kt CO_2eq en 2022. Posteriormente, disminuyeron a 118,7 kt CO_2eq en 2023 y 88,3 kt CO_2eq en 2024. Este comportamiento estuvo asociado principalmente a la reducción de las emisiones de la subcategoría 2.F.4.a. Inhaladores dosificadores, parcialmente compensada por el incremento observado en 2.F.4.b. Otros.

Como se observa en la Figura 4-40, las emisiones estuvieron dominadas casi en su totalidad por el HFC-134a, que representó la mayor parte de las emisiones durante todo el periodo. En la subcategoría 2.F.4.a. Inhaladores dosificadores, las emisiones de este gas alcanzaron un máximo de 125,8 kt CO_2eq en 2022 y descendieron a 44,1 kt CO_2eq en 2024. Por su parte, en 2.F.4.b. Otros las emisiones de HFC-134a aumentaron significativamente entre 2023 y 2024, pasando de 22,3 kt CO_2eq a 44,1 kt CO_2eq. Las contribuciones de HFC-245fa, HFC-365mfc y HFC-4310mee fueron marginales durante toda la serie y representaron una fracción muy pequeña de las emisiones de la subcategoría.

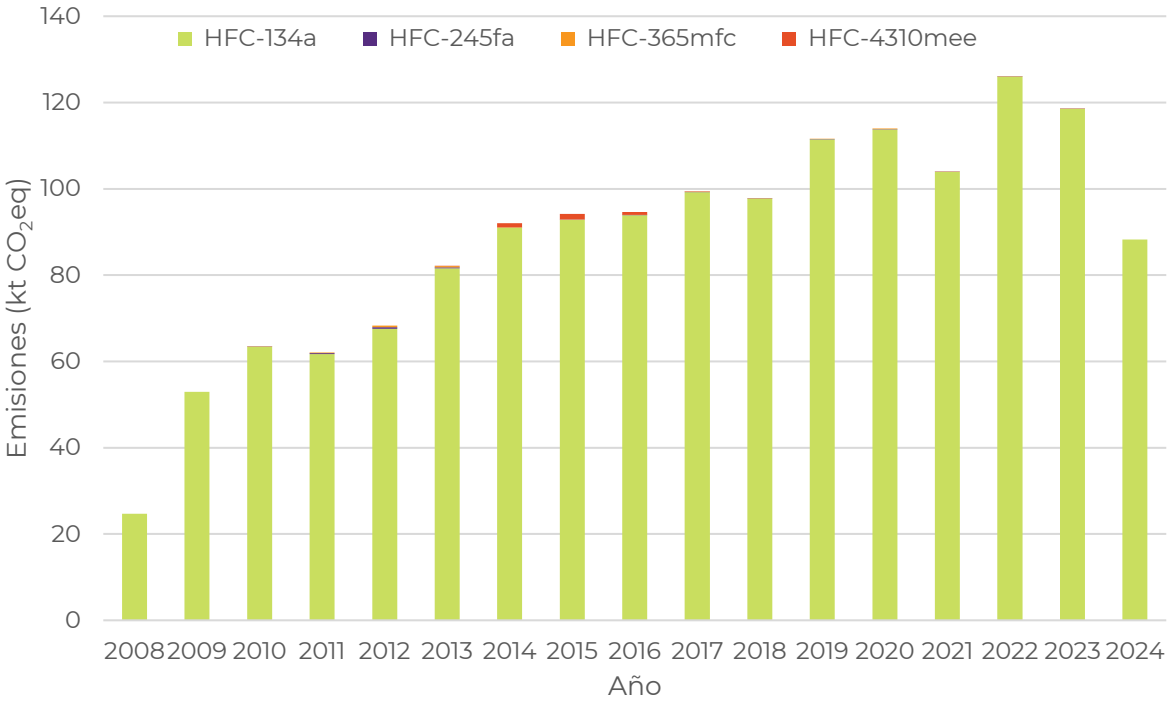


Figura 4-40. Uso de productos sustitutos de las SAO: Emisiones de GEI para la subcategoría 2.F.4 (kt CO_2eq), 2008-2024

Tabla 4-79. Uso de productos sustitutos de las SAO: Emisiones de GEI de la subcategoría 2.F.4 (kt CO_2eq)

Fuente	2008	2010	2015	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
2.F.4.a. Inhaladores dosificadores										
HFC-134a	24,7	63,3	92,5	97,6	111,2	113,5	103,8	125,8	96,2	44,1
2.F.4.b. Otros										
HFC-134a	NO	0,1	0,2	0,1	0,2	0,3	0,1	0,2	22,3	44,1
HFC-245fa	NO	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	NO
HFC-365mfc	NO	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	NO
HFC-4310mee	NO	NO	1,3	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO

2.F.5. Solventes: Incluye las emisiones derivadas del empleo de HFC como solventes para limpieza y desengrase de componentes electrónicos, equipos de precisión y otras aplicaciones industriales especializadas, en las cuales los compuestos se liberan rápidamente durante su utilización (Ashford et al., 2006). Esta subcategoría presentó una contribución marginal a las emisiones de 2.F. Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO). Las emisiones se estimaron únicamente entre 2008 y 2018, con valores inferiores a 0,5 kt CO_2eq, aumentando gradualmente desde 0,1 kt CO_2eq en 2008 hasta 0,4 kt CO_2eq en 2017 y 2018. A partir de 2019 no se registraron emisiones para esta subcategoría.

Como se observa en la Figura 4-41, las emisiones estuvieron asociadas exclusivamente al HFC-134a, por lo que su comportamiento reproduce la tendencia total de la subcategoría durante el periodo en que se registraron emisiones.

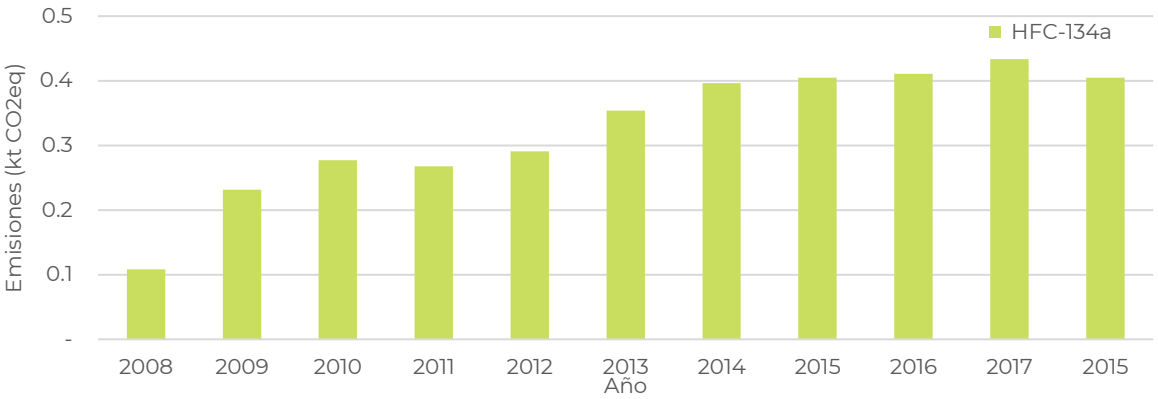


Figura 4-41. Uso de productos sustitutos de las SAO: Emisiones de GEI para la subcategoría 2.F.5 (kt CO_2eq), 2008-2024

2.F.6. Otras aplicaciones Agrupa los usos de HFC y PFC no cubiertos por las categorías anteriores, incluyendo diversas aplicaciones industriales especializadas. En este inventario se considera la subcategoría 2.F.6.a. Emisivo, correspondiente a aplicaciones en las que el gas es liberado durante su uso normal (Ashford et al., 2006). Esta subcategoría presentó emisiones durante todo el periodo 2005-2024, con un comportamiento fluctuante en los primeros años y una tendencia creciente a partir de 2016. Las emisiones aumentaron de 0,6 kt CO_2eq en 2005 a un máximo de 4,8 kt CO_2eq en 2023, seguido de una disminución a 3,4 kt CO_2eq en 2024. Aunque el crecimiento relativo fue importante, su contribución al total de la categoría 2.F. Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO) permaneció reducida durante toda la serie.

Como se observa en la Figura 4-42, las emisiones estuvieron asociadas exclusivamente al HFC-152a, empleado en las aplicaciones consideradas dentro de esta subcategoría, por lo que la evolución de este gas coincidió con la tendencia de las emisiones totales.

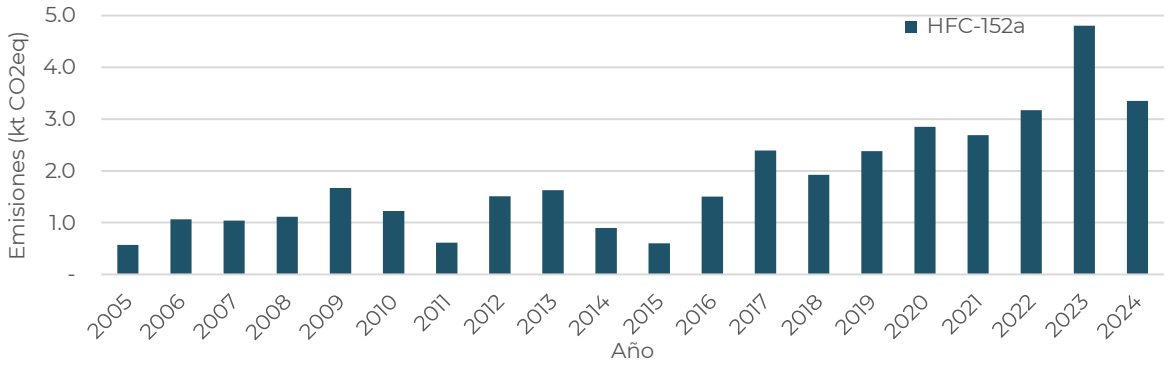


Figura 4-42. Uso de productos sustitutos de las SAO: Emisiones de GEI para la subcategoría 2.F.6 (kt CO_2eq), 2005-2024

4.7.2 Aspectos metodológicos de la categoría

La metodología empleada para la estimación de las emisiones de la categoría 2.F. Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO) se mantuvo sin modificaciones con respecto al BTR1. Se continuó aplicando el enfoque de Tier 1a de las Directrices del IPCC de 2006, V. 3, Ch. 7 (Ashford et al., 2006), utilizando las ecuaciones específicas para cada subcategoría y considerando el comportamiento de las sustancias a lo largo de su ciclo de vida, incluyendo, según corresponda, el consumo anual, los bancos de sustancias y las emisiones asociadas al uso, almacenamiento y retiro de los equipos o productos.

Como mejora en la implementación de esta metodología, en el BTR2 se replicó la herramienta de cálculo desarrollada por el IPCC (véase el Anexo 4.1. Herramienta de cálculo para las categorías 2.F.1 y 2.F.3), conservando los mismos algoritmos, ecuaciones y supuestos, pero en una estructura independiente que permitió extender la estimación a toda la serie temporal sin las limitaciones operativas del archivo original.

La Tabla 4-80 resume las ecuaciones aplicadas para cada una de las subcategorías estimadas. En las subcategorías 2.F.1 Refrigeración y aire acondicionado y 2.F.3 Protección contra incendios, las emisiones se estimaron considerando tanto el consumo anual de las sustancias como los bancos acumulados presentes en los equipos, de acuerdo con los algoritmos propuestos por el IPCC. Para 2.F.2 Agentes espumantes, las

emisiones correspondieron directamente al consumo anual de las sustancias utilizadas en la fabricación de espumas de celdas abiertas. Por su parte, las categorías 2.F.4 Aerosoles, 2.F.5 Solventes y 2.F.6 Otras aplicaciones emplearon ecuaciones que permitieron estimar las emisiones a partir de las ventas o consumo de sustancias en el año de análisis y, cuando aplicó, del remanente contenido en los productos vendidos el año anterior.

Tabla 4-80. Uso de productos sustitutos de las SAO: Aspectos metodológicos

Subcategoría	Contaminante	Nivel (Tier)	No. Ecuación	Ecuación	Fuente
2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	HFC-23 HFC-32 HFC-125 HFC-134a HFC-143a HFC-236fa PFC-14 PFC-218 R-116 / PFC-116	1a	V. 3, Ch. 7, Ec. 7.2B	$\boldsymbol{Emisiones\ anuales = Consumo\ neto * EF_{PA}compuesto + total\ sustancia\ química\ en\ banco * EF_{B}compuesto}$ Donde: $Consumo\ neto$ = consumo neto para la aplicación $EF_{PA}compuesto$ = factor de emisión compuesto para la aplicación, para el primer año $Total\ sustancia\ química\ en\ banco$ = banco de la sustancia química para la aplicación $EF_{B}compuesto$ = factor de emisión compuesto para la aplicación, para el banco Los bancos representan la cantidad de sustancias químicas acumuladas a lo largo de su ciclo de vida, ya sea en la cadena de suministro, en productos, equipos o en corrientes de desecho, que no se han emitido al final del año más reciente. Estos bancos pueden estimarse a nivel de aplicaciones utilizando algoritmos e hipótesis simples. Las Directrices IPCC proporcionan herramientas en el Excel para el cálculo de dichos bancos para 2.F.1, 2.F.2 y 2.F.3.	IPCC, 2006
2.F.2. Agentes espumantes	HFC-227ea HFC-245fa HFC-365mfc	1a	V. 3, Ch. 7, Ec. 7.8	$\boldsymbol{Emisiones_t = M_t}$ Donde: M_t: Total de HFC utilizado en la fabricación de espumas de celdas abiertas nuevas en el año t, toneladas	IPCC, 2006
2.F.3. Protección contra incendios	HFC-125 HFC-227ea HFC-236fa	1a	V. 3, Ch. 7, Ec. 7.17	$\boldsymbol{Emisiones_t = Banco_t * EF + RRL_t}$ Donde: $Banco_t$ = banco de agente en los equipos de protección contra incendios en el año t, toneladas EF = fracción del agente en los equipos emitido cada año (excluidas las emisiones provenientes de equipos retirados o puestos fuera de servicio), adimensional RRL_t = liberación o pérdida durante la recuperación (RRL, del inglés, Recovery Release or Loss): emisiones de agente durante la recuperación, el reciclado o la eliminación, en el momento del retiro de los equipos de protección contra incendios existentes en el año t, toneladas.	IPCC, 2006
2.F.4. Aerosoles	HFC-134a HFC-245fa HFC-365mfc HFC-4310mee	1a	V. 3, Ch. 7, Ec. 7.6	$\boldsymbol{Emisiones_t = S_t * EF + S_{t-1} * (1 - EF)}$ Donde: S_t = cantidad de HFC y PFC confinada en los productos con aerosol vendidos en el año t, toneladas S_{t-1} = cantidad de HFC y PFC confinada en los productos con aerosol vendidos en el año t-1, toneladas EF = factor de emisión (fracción de la sustancia química emitida durante el primer año), fracción	IPCC, 2006
2.F.5. Solventes	HFC-134a	1a	V. 3, Ch. 7, Ec. 7.5	$\boldsymbol{Emisiones_t = S_t * EF + S_{t-1} * (1 - EF) - D_{t-1}}$ Donde: S_t = cantidad de solventes vendidos en el año t, toneladas S_{t-1}= cantidad de solventes vendidos en el año t–1, toneladas EF = factor de emisión (fracción de la sustancia química emitida desde el solvente en el año del uso inicial), fracción D_{t-1} = cantidad de solventes destruidos en el año t–1, toneladas	IPCC, 2006
2.F.6. Otras aplicaciones	HFC-152a	1a	V. 3, Ch. 7, Ec. 7.18	$\boldsymbol{Emisiones_t = S_t * EF + S_{t-1} * (1 - EF)}$ Donde: S_t = cantidad de HFC y PFC vendida en el año t, toneladas S_{t-1} = cantidad de HFC y PFC vendidos en el año t–1, toneladas EF = factor de emisión (fracción del producto químico emitido durante el primer año después de la fabricación), fracción	IPCC, 2006

4.7.2.1 Datos de actividad de la categoría

Los datos de actividad empleados fueron suministrados por la Unidad Técnica de Ozono (UTO) del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible para el periodo 2001-2024. La información corresponde al consumo anual de sustancias puras y mezclas comerciales utilizadas en las diferentes aplicaciones contempladas en las Directrices del IPCC (2006).

Tabla 4-81. Uso de productos sustitutos de las SAO: Sustitutos de la SAO consumidos en Colombia por aplicación

Sustancia	RAC	Agentes espumantes	Protección contra incendios	Aerosoles	Solventes	Otras aplicaciones
Sustancias puras o en mezclas						
HFC-23	X					
HFC-32	X					
HFC-125	X		X			
HFC-134a	X			X	X	
HFC-143a	X					
HFC-152a						X
HFC-227ea		X	X			
HFC-245fa		X		X		
HFC-43-10mee				X		
HFC-236fa	X		X			
HFC-365mfc		X		X		
PFC-116	X					
PFC-14	X					
PFC-218	X					
Mezclas						
R-404A	X					
R-407C	X					
R-407F	X					
R-410A	X					
R-417A	X					
R-422A	X					
R-422D	X					
R-437A	X					
R-507A	X					
R-508B	X					
R-413A	X					
R-438A	X					
R-448A	X					
R-449A	X					
R-452A	X					
R-508B	X					
R-513A	X					
S-353E-W		X				
Poliol 7148-X		X				
Poliol 9762-X		X				
Poliol 9932 R-X		X				
HFC-365mfc/ HFC-227ea blend		X				
Chesterton 296 EU				X		
Polycold XC-8800	X					
Polycold-1102	X					
R-454C	X					
Polycold 672	X					
R-454B	X					

La UTO construyó estos datos mediante una metodología *top-down*, consolidando información proveniente de diferentes fuentes oficiales relacionadas con la importación y exportación de sustancias, entre ellas la base de datos de comercio exterior (BACEX), el Sistema Estadístico de Comercio Exterior (SIEX) de la DIAN, la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), la Ventanilla Única de Comercio Exterior (VUCE) y el registro de importadores y exportadores. Dado que en Colombia estas sustancias no se producen, el consumo nacional se determinó a partir de los flujos de importación y exportación reportados por dichas fuentes.

Con el propósito de mantener la trazabilidad de la información suministrada por la UTO, el grupo de tablas (Tabla 4-84 a Tabla 4-89) presentan los datos de actividad tal como fueron reportados por el proveedor, diferenciando entre sustancias puras y mezclas comerciales. Sin embargo, para la estimación de las emisiones es necesario transformar los consumos reportados de las mezclas en consumos de las sustancias individuales que las componen. Para ello, cada mezcla comercial se desagregó utilizando los porcentajes de composición másica de HFC y PFC presentados en la Tabla 4-83. El consumo reportado para cada mezcla se multiplicó por la fracción correspondiente de cada sustancia, obteniéndose así la cantidad consumida de cada HFC o PFC individual. Estos consumos se consolidaron junto con los consumos reportados directamente como sustancias puras, obteniendo el consumo total por sustancia requerido por las metodologías de estimación del IPCC.

Tabla 4-82. Uso de productos sustitutos de las SAO: Fuente de información de datos de actividad para 2.F.

Dato de actividad	Periodo	Fuente	Observación
2.F. Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO)			
Consumo de mezclas y sustancias sustitutos de las SAO	2001-2024	Unidad Técnica de Ozono (UTO) del Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (Minambiente)	La UTO reportó el consumo anual diferenciando sustancias puras y mezclas comerciales. Para la estimación del inventario, las mezclas se desagregaron en las sustancias HFC y PFC que las componen, utilizando los porcentajes de composición másica presentados en la Tabla 4-83. Posteriormente, el consumo de cada sustancia se consolidó por subcategoría y constituyó el dato de actividad utilizado en la estimación de las emisiones.

Tabla 4-83. Uso de productos sustitutos de las SAO: Composición en porcentaje másico de HFC y PFC presentes en las mezclas sustitutas de las SAO

Mezclas	HFC-32	HFC-125	HFC-134a	HFC-143a	HFC-23	R-116 / PFC-116	HFC-365mfc	HFC-245fa	PFC-218	HFC-227ea	HFC-236fa	PFC-14	HFC-365mfc/ HFC-227ea
Chesterton 296 EU[1]	-	-	45,0 %	-	-	-	25,0 %	25,0 %	-	-	-	-	-
HFC-365mfc/HFC-227ea	-	-	-	-	-	-	93,0 %	-	-	7,0 %	-	-	-
Poliol 7148-X	-	-	-	-	-	-	25,1 %	-	-	1,9 %	-	-	-
Poliol 9762-X	-	-	-	-	-	-	13,0 %	-	-	1,0 %	-	-	-
Poliol 9932 R-X	-	-	-	-	-	-	11,2 %	-	-	0,8 %	-	-	-
Polycold - 1102	-	24,0 %	-	-	10,0 %	-	-	-	-	-	40,0 %	20,0 %	-
Polycold XC-8800	-	24,0 %	-	-	19,0 %	-	-	-	-	-	26,0 %	21,0 %	-
R-404A	-	44,0 %	4,0 %	52,0 %	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R-407C	23,0 %	25,0 %	52,0 %	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R-407F	30,0 %	30,0 %	40,0 %	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R-410A	50,0 %	50,0 %	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R-413A	-	-	88,0 %	-	-	-	-	-	9,0 %	-	-	-	-
R-417A	-	46,6 %	50,0 %	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R-422A	-	85,1 %	11,5 %	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R-422D	-	65,1 %	31,5 %	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R-437A	-	19,5 %	78,5 %	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R-438A	8,5 %	45,0 %	44,2 %	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R-448A	26,0 %	26,0 %	21,0 %	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R-449A	24,3 %	24,7 %	25,7 %	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R-452A	11,0 %	59,0 %	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R-507A	-	50,0 %	-	50,0 %	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R-508B	-	-	-	-	46,0 %	54,0 %	-	-	-	-	-	-	-
R-513A	-	-	-	44,0 %	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S-353E-W	-	-	-	-	-	-	9,3 %	-	-	0,7 %	-	-	-
R-454C	10,8 %	10,8 %	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	78,5 %
Polycold 672	-	15,0 %	-	-	20,0 %	-	-	-	-	-	30,0 %	25,0 %	-
R-454B	34,5 %	34,5 %	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	31,1 %

Tabla 4-84. Uso de productos sustitutos de las SAO: datos de actividad para las subcategorías 2.F.1.a. Refrigeración comercial y 2.F.1.b. Refrigeración doméstica

2.F.1.a. Refrigeración comercial															2.F.1.b. Refrigeración doméstica			
Año	Producto	ID	t	Año	Producto	ID	t	Año	Producto	ID	t	Año	Producto	ID	t	Año	Producto	ID	t
2008	HFC-134a	S	99,3	2014	HFC-134a	S	201,5	2019	R-404A	M	40,3	2022	HFC-134a	S	113,8	2008	HFC-134a	S	153,5
2008	R-404A	M	18,1	2014	R-404A	M	57,1	2019	R-407F	M	NO	2022	HFC-134a	S	69,2	2009	HFC-134a	S	175,2

2.F.1.a. Refrigeración comercial															2.F.1.b. Refrigeración doméstica			
Año	Producto	ID	t	Año	Producto	ID	t	Año	Producto	ID	t	Año	Producto	ID	t	Año	Producto	ID	t
2008	R-407F	M	0,7	2014	R-407F	M	1,4	2019	R-422A	M	1,3	2022	R-404A	M	147,1	2009	R-437A	M	16,6
2008	R-507A	M	32,2	2014	R-417A	M	7,0	2019	R-422D	M	1,5	2022	R-404A	M	92,4	2010	HFC-134a	S	218,1
2009	HFC-134a	S	113,3	2014	R-422A	M	0,4	2019	R-437A	M	13,1	2022	R-407F	M	2,6	2010	R-437A	M	86,7
2009	R-404A	M	16,9	2014	R-422D	M	7,0	2019	R-438A	M	NO	2022	R-422A	M	NO	2011	HFC-134a	S	161,8
2009	R-407F	M	0,3	2014	R-507A	M	116,0	2019	R-448A	M	NO	2022	R-422D	M	10,2	2011	R-437A	M	75,8
2009	R-417A	M	2,3	2015	HFC-134a	S	170,1	2019	R-449A	M	1,7	2022	R-437A	M	5,4	2012	HFC-134a	S	250,7
2009	R-422A	M	4,5	2015	HFC-143a	S	1,6	2019	R-452A	M	0,2	2022	R-438A	M	NO	2012	R-437A	M	58,4
2009	R-422D	M	0,5	2015	R-404A	M	39,6	2019	R-507A	M	86,8	2022	R-448A	M	0,5	2013	HFC-134a	S	250,9
2009	R-507A	M	15,5	2015	R-407F	M	1,2	2019	R-507A	M	79,9	2022	R-449A	M	1,4	2013	R-437A	M	113,5
2010	HFC-134a	S	141,1	2015	R-417A	M	1,4	2020	HFC-134a	S	80,1	2022	R-452A	M	NO	2014	HFC-134a	S	311,5
2010	R-404A	M	21,9	2015	R-422A	M	0,2	2020	HFC-134a	S	48,7	2022	R-507A	M	194,0	2014	R-437A	M	11,7
2010	R-407F	M	0,3	2015	R-422D	M	24,1	2020	R-404A	M	49,3	2022	R-507A	M	178,6	2015	HFC-134a	S	263,1
2010	R-417A	M	2,9	2015	R-507A	M	128,4	2020	R-404A	M	31,0	2023	R-404A	M	49,1	2015	R-437A	M	44,7
2010	R-422A	M	0,5	2016	HFC-134a	S	208,9	2020	R-407F	M	7,1	2023	R-404A	M	30,8	2016	HFC-134a	S	286,6
2010	R-422D	M	6,8	2016	HFC-143a	S	3,7	2020	R-422A	M	1,0	2023	R-422D	M	3,3	2016	R-437A	M	66,4
2010	R-507A	M	47,0	2016	R-404A	M	36,8	2020	R-422D	M	5,3	2023	R-437A	M	0,4	2017	HFC-134a	S	265,0
2011	HFC-134a	S	104,7	2016	R-407F	M	0,3	2020	R-437A	M	17,6	2023	R-449A	M	3,0	2017	R-437A	M	48,6
2011	R-404A	M	20,1	2016	R-417A	M	4,1	2020	R-438A	M	NO	2023	R-454C	M	0,2	2018	HFC-134a	S	278,5
2011	R-407F	M	0,3	2016	R-422A	M	0,1	2020	R-448A	M	NO	2023	R-507A	M	84,3	2018	R-437A	M	46,3
2011	R-417A	M	1,3	2016	R-422D	M	13,7	2020	R-449A	M	0,9	2023	R-507A	M	77,6	2019	HFC-134a	S	255,0
2011	R-422A	M	0,2	2016	R-507A	M	133,6	2020	R-452A	M	0,5	2023	HFC-134a	S	67,6	2019	R-413A	M	4,5
2011	R-422D	M	9,1	2017	HFC-134a	S	193,2	2020	R-507A	M	102,8	2023	HFC-134a	S	41,1	2019	R-437A	M	13,4
2011	R-507A	M	34,4	2017	HFC-143a	S	3,3	2020	R-507A	M	94,6	2024	R-404A	M	0,5	2020	HFC-134a	S	217,5
2012	HFC-134a	S	162,2	2017	R-404A	M	49,4	2021	HFC-134a	S	79,1	2024	R-404A	M	0,3	2020	R-413A	M	NO

2.F.1.a. Refrigeración comercial															2.F.1.b. Refrigeración doméstica			
Año	Producto	ID	t	Año	Producto	ID	t	Año	Producto	ID	t	Año	Producto	ID	t	Año	Producto	ID	t
2012	R-404A	M	36,3	2017	R-407F	M	0,5	2021	HFC-134a	S	48,1	2024	R-407F	M	1,7	2020	R-437A	M	18,0
2012	R-407F	M	0,4	2017	R-422A	M	0,2	2021	R-404A	M	48,4	2024	R-422D	M	6,8	2021	HFC-134a	S	214,8
2012	R-417A	M	1,8	2017	R-422D	M	14,8	2021	R-404A	M	30,4	2024	R-437A	M	0,9	2021	R-413A	M	NO
2012	R-422A	M	0,3	2017	R-507A	M	139,3	2021	R-407F	M	NO	2024	R-449A	M	0,9	2021	R-437A	M	10,0
2012	R-422D	M	11,9	2018	HFC-134a	S	203,0	2021	R-422A	M	0,9	2024	R-507A	M	86,8	2022	HFC-134a	S	309,0
2012	R-507A	M	63,0	2018	R-404A	M	57,6	2021	R-422D	M	7,3	2024	R-507A	M	79,9	2022	R-413A	M	NO
2013	HFC-134a	S	162,3	2018	R-407F	M	0,3	2021	R-437A	M	9,8	2024	R-438A	M	0,5	2022	R-437A	M	5,6
2013	R-404A	M	29,0	2018	R-417A	M	0,9	2021	R-438A	M	0,5	2024	R-452A	M	0,9	2023	R-437A	M	0,4
2013	R-407F	M	0,5	2018	R-422D	M	29,5	2021	R-448A	M	NO	2024	HFC-134a	S	67,8	2023	HFC-134a	S	183,5
2013	R-417A	M	2,2	2018	R-507A	M	216,1	2021	R-449A	M	NO	2024	HFC-134a	S	41,2	2024	R-437A	M	0,9
2013	R-422A	M	0,7	2019	HFC-134a	S	93,9	2021	R-452A	M	NO					2024	R-454B	M	0,7
2013	R-422D	M	17,3	2019	HFC-134a	S	57,1	2021	R-507A	M	105,7					2024	HFC-32	S	38,7
2013	R-507A	M	75,8	2019	R-404A	M	64,1	2021	R-507A	M	97,4					2024	HFC-134a	S	184,0

Nota: En las tablas de datos de actividad, S corresponde a sustancias puras y M a mezclas comerciales.

Tabla 4-85. Uso de productos sustitutos de las SAO: datos de actividad para las subcategorías 2.F.1.c. Refrigeración industrial

2.F.1.c. Refrigeración industrial																			
Año	Producto	ID	t	Año	Producto	ID	t	Año	Producto	ID	t	Año	Producto	ID	t	Año	Producto	ID	t
2008	HFC-134a	S	72,4	2013	HFC-134a	S	118,3	2018	HFC-134a	S	150,0	2020	R-437A	M	3,5	2022	R-507A	M	134,8
2008	R-404A	M	38,1	2013	R-404A	M	61,0	2018	POLYCOLD -1102	M	0,2	2020	R-507A	M	71,5	2022	R-507A	M	152,8
2008	R-407F	M	13,1	2013	R-407F	M	9,5	2018	R-404A	M	121,0	2020	R-507A	M	81,0	2022	R-508B	M	0,0
2008	R-507A	M	23,2	2013	R-422A	M	3,2	2018	R-407F	M	5,5	2020	R-508B	M	0,0	2022	R-513A	M	0,5
2008	R-508B	M	0,0	2013	R-507A	M	54,7	2018	R-507A	M	155,9	2020	R-513A	M	NO	2023	R-404A	M	25,0
2009	HFC-134a	S	82,6	2013	R-508B	M	0,0	2018	R-508B	M	0,0	2021	HFC-134a	S	16,3	2023	R-404A	M	25,9

2.F.1.c. Refrigeración industrial																		
Año	Producto	ID	t	Año	Producto	ID	t	Año	Producto	ID	t	Año	Producto	ID	t	Año	Producto	ID	t
2009	R-404A	M	35,5	2014	HFC-134a	S	146,9	2019	HFC-134a	S	19,4	2021	HFC-134a	S	5,0	2023	R-410A	M	52,5
2009	R-407F	M	5,6	2014	R-404A	M	119,9	2019	HFC-134a	S	6,0	2021	Polycold - 1102	M	0,5	2023	R-422D	M	1,6
2009	R-422A	M	20,6	2014	R-407F	M	26,8	2019	Polycold - 1102	M	NO	2021	Polycold XC-8800	M	NO	2023	R-437A	M	0,1
2009	R-507A	M	11,2	2014	R-422A	M	1,9	2019	Polycold XC-8800	M	NO	2021	R-404A	M	24,7	2023	R-507A	M	58,6
2009	R-508B	M	0,0	2014	R-507A	M	83,7	2019	R-404A	M	32,7	2021	R-404A	M	25,6	2023	R-507A	M	66,4
2010	HFC-134a	S	102,8	2015	HFC-134a	S	124,0	2019	R-404A	M	33,8	2021	R-407F	M	NO	2023	R-508B	M	0,0
2010	R-404A	M	46,0	2015	R-404A	M	83,3	2019	R-407F	M	NO	2021	R-410A	M	36,4	2023	Polycold - 1102	M	0,4
2010	R-407F	M	6,6	2015	R-407F	M	23,5	2019	R-410A	M	47,8	2021	R-422D	M	3,5	2023	Polycold XC-8800	M	0,2
2010	R-422A	M	2,1	2015	R-422A	M	1,1	2019	R-422D	M	0,7	2021	R-437A	M	2,0	2023	HFC-134a	S	13,9
2010	R-507A	M	33,9	2015	R-507A	M	92,6	2019	R-437A	M	2,6	2021	R-507A	M	73,5	2023	HFC-134a	S	4,3
2010	R-508B	M	0,1	2015	R-508B	M	0,0	2019	R-507A	M	60,3	2021	R-507A	M	83,3	2024	R-404A	M	0,2
2011	HFC-134a	S	76,3	2016	HFC-134a	S	154,3	2019	R-507A	M	68,4	2021	R-508B	M	0,0	2024	R-404A	M	0,3
2011	R-404A	M	42,3	2016	R-404A	M	77,3	2019	R-508B	M	0,0	2021	R-513A	M	0,1	2024	R-407F	M	0,9
2011	R-407F	M	5,0	2016	R-407F	M	5,6	2019	R-513A	M	0,7	2022	HFC-134a	S	23,5	2024	R-410A	M	52,8
2011	R-422A	M	0,7	2016	R-422A	M	0,3	2020	HFC-134a	S	16,5	2022	HFC-134a	S	7,3	2024	R-422D	M	3,3
2011	R-507A	M	24,8	2016	R-507A	M	96,4	2020	HFC-134a	S	5,1	2022	Polycold - 1102	M	0,0	2024	R-437A	M	0,2
2011	R-508B	M	0,1	2016	R-508B	M	0,0	2020	Polycold - 1102	M	NO	2022	Polycold XC-8800	M	0,2	2024	R-507A	M	60,3
2012	HFC-134a	S	118,2	2017	HFC-134a	S	142,7	2020	Polycold XC-8800	M	NO	2022	R-404A	M	75,0	2024	R-507A	M	68,3
2012	R-404A	M	76,3	2017	POLYCOLD-1102	M	0,1	2020	R-404A	M	25,2	2022	R-404A	M	77,7	2024	Polycold XC-8800	M	0,1
2012	R-407F	M	7,0	2017	R-404A	M	103,7	2020	R-404A	M	26,0	2022	R-407F	M	1,4	2024	R-513A	M	0,8
2012	R-422A	M	1,4	2017	R-407F	M	10,4	2020	R-407F	M	3,9	2022	R-410A	M	81,4	2024	Polycold 672	M	0,0
2012	R-507A	M	45,4	2017	R-422A	M	0,7	2020	R-410A	M	42,1	2022	R-422D	M	4,9	2024	HFC-134a	S	14,0

2.F.1.c. Refrigeración industrial																			
Año	Producto	ID	t	Año	Producto	ID	t	Año	Producto	ID	t	Año	Producto	ID	t	Año	Producto	ID	t
2012	R-508B	M	0,0	2017	R-507A	M	100,5	2020	R-422D	M	2,6	2022	R-437A	M	1,1	2024	HFC-134a	S	4,3

Nota: En las tablas de datos de actividad, S corresponde a sustancias puras y M a mezclas comerciales.

Tabla 4-86. Uso de productos sustitutos de las SAO: datos de actividad para las subcategorías 2.F.1.d. Transporte refrigerado

2.F.1.d. Transporte refrigerado																			
Año	Producto	ID	t	Año	Producto	ID	t	Año	Producto	ID	t	Año	Producto	ID	t	Año	Producto	ID	t
2008	HFC-134a	S	15,0	2014	R-404A	M	15,9	2019	R-410A	M	2,0	2021	R-404A	M	0,9	2023	R-410A	M	2,2
2008	R-404A	M	5,1	2015	HFC-134a	S	25,7	2019	R-410A	M	1,3	2021	R-410A	M	1,5	2023	R-410A	M	1,5
2009	HFC-134a	S	17,1	2015	R-404A	M	11,1	2019	R-507A	M	0,4	2021	R-410A	M	1,0	2023	R-507A	M	0,3
2009	R-404A	M	4,7	2016	HFC-134a	S	33,5	2020	HFC-134a	S	19,6	2021	R-507A	M	0,4	2023	HFC-134a	S	16,5
2010	HFC-134a	S	21,3	2016	R-404A	M	10,3	2020	HFC-134a	S	3,8	2022	HFC-134a	S	27,8	2023	HFC-134a	S	3,2
2010	R-404A	M	6,1	2017	HFC-134a	S	30,9	2020	R-404A	M	6,0	2022	HFC-134a	S	5,4	2024	R-404A	M	0,1
2011	HFC-134a	S	15,8	2017	R-404A	M	13,8	2020	R-404A	M	0,9	2022	R-404A	M	17,9	2024	R-404A	M	0,0
2011	R-404A	M	5,6	2018	HFC-134a	S	32,5	2020	R-410A	M	1,7	2022	R-404A	M	2,6	2024	R-410A	M	2,2
2012	HFC-134a	S	24,5	2018	R-404A	M	16,1	2020	R-410A	M	1,2	2022	R-410A	M	3,4	2024	R-410A	M	1,5
2012	R-404A	M	10,1	2019	HFC-134a	S	22,9	2020	R-507A	M	0,4	2022	R-410A	M	2,3	2024	R-507A	M	0,4
2013	HFC-134a	S	24,5	2019	HFC-134a	S	4,4	2021	HFC-134a	S	19,3	2022	R-507A	M	0,8	2024	HFC-134a	S	16,5
2013	R-404A	M	8,1	2019	R-404A	M	7,8	2021	HFC-134a	S	3,7	2023	R-404A	M	6,0	2024	HFC-134a	S	3,2
2014	HFC-134a	S	30,4	2019	R-404A	M	1,1	2021	R-404A	M	5,9	2023	R-404A	M	0,9				

Nota: En las tablas de datos de actividad, S corresponde a sustancias puras y M a mezclas comerciales.

Tabla 4-87. Uso de productos sustitutos de las SAO: datos de actividad para las subcategorías 2.F.1.e. Aire acondicionado móvil y 2.F.1.f. Aire acondicionado estacionario

2.F.1.e. Aire acondicionado móvil				2.F.1.f. Aire acondicionado estacionario															
Año	Producto	ID	t	Año	Producto	ID	t	Año	Producto	ID	t	Año	Producto	ID	t	Año	Producto	ID	t
2008	HFC-134a	S	177,6	2001	HFC-134a	S	419,2	2010	R-410A	M	24,9	2018	R-407C	M	9,3	2021	R-417A	M	25,9

2.F.1.e. Aire acondicionado móvil				2.F.1.f. Aire acondicionado estacionario															
Año	Producto	ID	t	Año	Producto	ID	t	Año	Producto	ID	t	Año	Producto	ID	t	Año	Producto	ID	t
2009	HFC-134a	S	202,7	2002	HFC-134a	S	272,2	2011	HFC-134a	S	43,1	2018	R-410A	M	418,5	2021	R-422D	M	21,5
2010	HFC-134a	S	252,3	2003	HFC-134a	S	287,2	2011	R-407C	M	8,4	2019	HFC-134a	S	4,0	2022	HFC-134a	S	4,8
2011	HFC-134a	S	187,2	2003	HFC-134a	S	0,0	2011	R-410A	M	35,3	2019	HFC-32	S	0,1	2022	R-407C	M	73,5
2012	HFC-134a	S	290,1	2004	HFC-134a	S	365,1	2012	HFC-134a	S	66,8	2019	R-407C	M	22,8	2022	R-410A	M	697,3
2013	HFC-134a	S	290,3	2004	HFC-134a	S	0,0	2012	R-407C	M	11,8	2019	R-410A	M	409,3	2022	R-410A	M	6,4
2014	HFC-134a	S	360,5	2005	HFC-125	S	43,4	2012	R-410A	M	44,9	2019	R-410A	M	3,7	2022	R-410A	M	89,6
2015	HFC-134a	S	304,4	2005	HFC-134a	S	536,0	2013	HFC-134a	S	66,8	2019	R-410A	M	52,6	2022	R-417A	M	14,8
2016	HFC-134a	S	390,1	2005	HFC-134a	S	19,3	2013	R-407C	M	16,1	2019	R-417A	M	0,9	2022	R-422D	M	30,1
2017	HFC-134a	S	360,7	2006	HFC-125	S	13,2	2013	R-410A	M	128,5	2019	R-422D	M	4,5	2023	R-407C	M	35,5
2018	HFC-134a	S	379,1	2006	HFC-134a	S	549,4	2014	HFC-134a	S	83,0	2020	HFC-134a	S	93,9	2023	R-410A	M	449,6
2019	HFC-134a	S	847,4	2006	HFC-134a	S	28,1	2014	R-407C	M	45,2	2020	HFC-32	S	-	2023	R-410A	M	4,1
2019	HFC-134a	S	79,0	2007	HFC-125	S	0,0	2014	R-410A	M	186,9	2020	R-407C	M	96,5	2023	R-410A	M	57,8
2020	HFC-134a	S	723,0	2007	HFC-134a	S	637,6	2015	HFC-134a	S	70,1	2020	R-410A	M	360,7	2023	R-417A	M	22,0
2020	HFC-134a	S	67,4	2007	HFC-134a	S	0,1	2015	R-407C	M	39,7	2020	R-410A	M	3,3	2023	R-422D	M	9,8
2021	HFC-134a	S	713,9	2008	HFC-134a	S	40,9	2015	R-410A	M	197,8	2020	R-410A	M	46,4	2023	HFC-134a	S	2,9
2021	HFC-134a	S	66,5	2008	R-407C	M	22,1	2016	HFC-134a	S	89,4	2020	R-417A	M	-	2024	R-407C	M	42,6
2022	HFC-134a	S	1.027,0	2008	R-410A	M	5,0	2016	R-407C	M	9,5	2020	R-422D	M	15,7	2024	R-410A	M	452,1
2022	HFC-134a	S	95,7	2009	HFC-134a	S	46,7	2016	R-410A	M	272,5	2021	HFC-134a	S	3,4	2024	R-410A	M	4,1
2023	HFC-134a	S	610,0	2009	R-407C	M	9,5	2017	HFC-134a	S	82,7	2021	R-407C	M	69,4	2024	R-410A	M	58,1
2023	HFC-134a	S	56,8	2009	R-410A	M	13,3	2017	R-407C	M	17,6	2021	R-410A	M	311,6	2024	R-417A	M	34,4
2024	HFC-134a	S	611,4	2010	HFC-134a	S	58,1	2017	R-410A	M	295,7	2021	R-410A	M	2,8	2024	R-422D	M	20,0
2024	HFC-134a	S	57,0	2010	R-407C	M	11,2	2018	HFC-134a	S	86,9	2021	R-410A	M	40,0	2024	HFC-134a	S	2,9

Nota: En las tablas de datos de actividad, S corresponde a sustancias puras y M a mezclas comerciales.

Tabla 4-88. Uso de productos sustitutos de las SAO: datos de actividad para las subcategorías 2.F.2. Agentes espumantes, 2.F.3. Protección contra incendios y 2.F.4.a. Inhaladores dosificadores

2.F.2. Agentes espumantes				2.F.3. Protección contra incendios								2.F.4.a. Inhaladores dosificadores							
Año	Producto	ID	t	Año	Producto	ID	t	Año	Producto	ID	t	Año	Producto	ID	t	Año	Producto	ID	t
2012	HFC-245fa	S	0,5	2009	HFC-125	S	2,6	2015	HFC-227ea	S	1,0	2008	HFC-134a	S	27,8	2013	HFC-134a	S	16,7
2015	HFC-245fa	S	0,1	2010	HFC-125	S	3,6	2016	HFC-227ea	S	3,5	2009	HFC-134a	S	31,7	2014	HFC-134a	S	20,8
2016	HFC-245fa	S	0,1	2012	HFC-125	S	1,7	2017	HFC-227ea	S	5,0	2010	HFC-134a	S	39,5	2015	HFC-134a	S	17,5
2017	HFC-245fa	S	0,3	2014	HFC-125	S	2,3	2018	HFC-227ea	S	3,0	2011	HFC-134a	S	29,3	2016	HFC-134a	S	21,3
2017	HFC-365MFC HFC-227EA	M	30,2	2015	HFC-125	S	13,7	2019	HFC-227ea	S	2,5	2012	HFC-134a	S	45,4	2017	HFC-134a	S	19,7
2018	HFC-365MFC HFC-227EA	M	11,9	2016	HFC-125	S	8,1	2020	HFC-227ea	S	NO	2013	HFC-134a	S	45,5	2018	HFC-134a	S	20,7
2019	HFC-365MFC HFC-227EA	M	22,1	2017	HFC-125	S	13,7	2021	HFC-227ea	S	2,0	2014	HFC-134a	S	56,4	2019	HFC-134a	S	47,1
2020	HFC-365MFC HFC-227EA	M	19,2	2019	HFC-125	S	2,6	2022	HFC-227ea	S	7,5	2015	HFC-134a	S	47,7	2020	HFC-134a	S	40,2
2021	HFC-365MFC HFC-227EA	M	171,4	2020	HFC-125	S	2,6	2019	HFC-236fa	S	NO	2016	HFC-134a	S	57,9	2021	HFC-134a	S	39,7
2022	HFC-365MFC HFC-227EA	M	150,0	2021	HFC-125	S	4,5	2020	HFC-236fa	S	NO	2017	HFC-134a	S	53,5	2022	HFC-134a	S	57,1
2021	Poliol 7148-X	M	5,4	2022	HFC-125	S	1,5	2021	HFC-236fa	S	NO	2018	HFC-134a	S	56,3	2019	HFC-134a	S	47,1
2021	Poliol 9762-X	M	1,4	2009	HFC-227ea	S	2,9	2022	HFC-236fa	S	0,5	2008	HFC-134a	S	10,2	2020	HFC-134a	S	40,2
2021	Poliol 9932 R-X	M	3,2	2010	HFC-227ea	S	2,5	2023	HFC-125	S	1,3	2009	HFC-134a	S	11,7	2021	HFC-134a	S	39,7
2021	S-353E-W	M	3,3	2011	HFC-227ea	S	2,7	2023	HFC-227ea	S	1,5	2010	HFC-134a	S	14,5	2022	HFC-134a	S	57,1
2023	HFC-365mfc/HFC-227ea	M	205,4	2012	HFC-227ea	S	3,6	2024	HFC-125	S	1,9	2011	HFC-134a	S	10,8	2023	HFC-134a	S	33,9
2024	HFC-245fa	S	14,0	2013	HFC-227ea	S	2,0	2024	HFC-227ea	S	1,0	2012	HFC-134a	S	16,7	2024	HFC-134a	S	34,0
				2014	HFC-227ea	S	3,0												

Nota: En las tablas de datos de actividad, S corresponde a sustancias puras y M a mezclas comerciales.

Tabla 4-89. Uso de productos sustitutos de las SAO: datos de actividad para las subcategorías 2.F.4.b. Otros, 2.F.5. Solventes y 2.F.6. Otras aplicaciones

2.F.4.b. Otros				2.F.5. Solventes				2.F.6. Otras aplicaciones			
Año	Producto	ID	t	Año	Producto	ID	t	Año	Producto	ID	t
2010	Chesterton 296 EU	M	0,2	2008	HFC-134a	S	0,2	2005	HFC-152a	S	8,3
2011	Chesterton 296 EU	M	1,6	2009	HFC-134a	S	0,2	2006	HFC-152a	S	7,1
2012	Chesterton 296 EU	M	2,1	2010	HFC-134a	S	0,2	2007	HFC-152a	S	7,9
2013	Chesterton 296 EU	M	0,4	2011	HFC-134a	S	0,2	2008	HFC-152a	S	8,3
2013	HFC-4310mee	S	0,1	2012	HFC-134a	S	0,3	2009	HFC-152a	S	16,0
2014	Chesterton 296 EU	M	0,7	2013	HFC-134a	S	0,3	2010	HFC-152a	S	1,8
2014	HFC-4310mee	S	0,9	2014	HFC-134a	S	0,3	2011	HFC-152a	S	7,1
2015	HFC-4310mee	S	0,7	2015	HFC-134a	S	0,3	2012	HFC-152a	S	14,8
2016	Chesterton 296 EU	M	0,3	2016	HFC-134a	S	0,3	2013	HFC-152a	S	8,8
2016	HFC-4310mee	S	0,1	2017	HFC-134a	S	0,3	2014	HFC-152a	S	4,2
2017	Chesterton 296 EU	M	0,3	2018	HFC-134a	S	0,3	2015	HFC-152a	S	4,5
2018	Chesterton 296 EU	M	0,1					2016	HFC-152a	S	17,3
2019	Chesterton 296 EU	M	0,7					2017	HFC-152a	S	17,4
2020	Chesterton 296 EU	M	0,3					2018	HFC-152a	S	10,5
2021	Chesterton 296 EU	M	0,0					2019	HFC-152a	S	24,0
2022	Chesterton 296 EU	M	0,8					2020	HFC-152a	S	17,3
2023	HFC-134a	S	33,9					2021	HFC-152a	S	21,7
2024	HFC-134a	S	34,0					2022	HFC-152a	S	24,3
								2023	HFC-152a	S	45,4
								2024	HFC-152a	S	3,2

Nota: En las tablas de datos de actividad, S corresponde a sustancias puras y M a mezclas comerciales.

4.7.2.2 Factores de emisión aplicados en la categoría

Los factores de emisión empleados para la estimación de las emisiones de la categoría 2.F. Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO) correspondieron a los valores por defecto propuestos por las Directrices del IPCC (2006) V.3, Ch.7 (Ashford et al., 2006) para cada tipo de aplicación. En las subcategorías 2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado y 2.F.3. Protección contra incendios se utilizaron como parámetros el tiempo de vida media de los equipos, el factor anual de emisión durante la fase de uso y el porcentaje de sustancia destruida al final de la vida útil. Para las subcategorías 2.F.4. Aerosoles, 2.F.5. Solventes y 2.F.6. Otras aplicaciones se emplearon factores de emisión específicos que representan la fracción de la sustancia emitida durante su utilización.

En el caso de 2.F.2. Agentes espumantes, no se emplearon factores de emisión independientes, ya que las emisiones se estimaron directamente a partir del consumo de las sustancias sustitutas de SAO, de acuerdo con la metodología de Nivel 1 de las Directrices del IPCC (2006). Por esta razón, esta subcategoría no presenta factores de emisión en la Tabla 4-90.

Tabla 4-90. Uso de productos sustitutos de las SAO: factores de emisión aplicados por fuente de GEI

Subcategoría	Fuente FE	Nivel (Tier)	Clasificación	Contaminante	Valor	Unidad
2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	IPCC, 2006, V. 3, Ch. 7, Numeral 7.5.2.1	1a	Tiempo de vida media equipos	HFC-23 HFC-32 HFC-125 HFC-134a HFC-143a HFC-236fa PFC-14 PFC-218 R-116 / PFC-116	10,0	Años
	IPCC, 2006, V. 3, Ch. 7, Numeral 7.5.2.1	1a	Factor de emisión en sub-aplicaciones RAC		15,0	%
	Unidad Técnica de Ozono (UTO)	1a	% de sustancia destruida al final de la vida útil del equipo		0	%
2.F.3. Protección contra incendios	IPCC, 2006, V. 3, Ch. 7, Numeral 7.6.2.2	1a	Tiempo de vida media equipos	HFC-125 HFC-227ea HFC-236fa	5,0	Años
	IPCC, 2006, V. 3, Ch. 7, Numeral 7.6.2.2	1a	Factor de emisión en sub-aplicaciones RAC		4,0	%
	Unidad Técnica de Ozono (UTO)	1a	% de sustancia destruida al final de la vida útil del equipo		25,0	%
2.F.4. Aerosoles	IPCC, 2006, V. 3, Ch. 7, Numeral 7.3.2.2	1a	Factor de emisión de aerosoles	HFC-134a HFC-245fa HFC-365mfc HFC-4310mee	50	%
2.F.5. Solventes	IPCC, 2006, V. 3, Ch. 7, Numeral 7.2.2.2	1a	Factor de emisión de solventes	HFC-134a	50	%
2.F.6. Otras aplicaciones	IPCC, 2006, V. 3, Ch. 7, Numeral 7.2.2.2	1a	Factor de emisión en tratamiento de vidrio	HFC-152a	50	%

4.7.3 Descripción de flexibilidad aplicada en la categoría

No se aplicó ninguna flexibilidad.

4.7.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría

Tabla 4-91. Resultados de incertidumbre (%) por propagación del error para 2.F. Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO).

Subcategoría	Cont	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
2.F. Usos del producto como sustitutos de las SAO	Todos	25,2	8,3	6,5	6,5	6,5	6,7	6,8	7,2
2.F.1.a. refrigeración comercial	Todos	NO	13,5	13,3	12,5	12,8	13,1	13,2	13,2
2.F.1.b. Refrigeración doméstica	Todos	NO	21,1	21,0	19,2	19,2	19,9	20,4	20,8

Subcategoría	Cont	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
2.F.1.c. refrigeración industrial	Todos	NO	13,3	13,7	13,0	13,4	13,7	13,8	13,7
2.F.1.d. Transporte Refrigerado	Todos	NO	14,5	13,9	12,9	12,7	12,4	12,4	12,4
2.F.1.e. Aire acondicionado móvil	Todos	NO	22,9	22,9	21,2	21,2	21,2	21,2	21,2
2.F.1.f. Aire acondicionado estacionario	Todos	25,3	20,9	15,3	16,2	16,4	16,7	16,9	17,0
2.F.2.b. Celdas abiertas	Todos	NO	NO	28,5	22,7	22,7	22,7	22,7	28,5
2.F.3. Protección contra incendios	Todos	NO	16,7	16,9	21,7	17,7	17,8	20,8	16,9
2.F.4.a. Inhaladores dosificadores	Todos	NO	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7
2.F.4.b. Otros	Todos	NO	17,7	17,4	17,6	17,7	17,7	17,6	17,7
2.F.5. Solventes	Todos	NO	12,7	12,7	NO	NO	NO	NO	NO
2.F.6. Otras aplicaciones	Todos	12,7	12,7	12,7	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9

En la Tabla 4-91 se presentan los resultados de incertidumbre para la categoría 2.F. Usos de productos como sustitutos de las sustancias agotadoras de la capa de ozono (SAO) en los años seleccionados del periodo 2005-2024. Para estos años, la incertidumbre promedio fue de ±9,21 %. En 2005, la incertidumbre fue de ±25,2 %, mientras que en 2024 alcanzó ±7,2 %, lo que representa una reducción relativa del 71,43 %, equivalente a 18 puntos porcentuales.

La mayor reducción se presentó entre 2005 y 2010, cuando la incertidumbre disminuyó de ±25,2 % a ±8,3 %. En 2015 alcanzó ±6,5 % y permaneció en este nivel hasta 2021. En los últimos años se observa un aumento moderado: la incertidumbre pasó de ±6,5 % en 2021 a ±6,7 % en 2022, ±6,8 % en 2023 y ±7,2 % en 2024. En 2024, la aplicación con mayor incertidumbre fue 2.F.2.b. Espumas de celdas abiertas, con ±28,5 %, seguida de 2.F.1.e. Aire acondicionado móvil, con ±21,2 %; 2.F.1.b. Refrigeración doméstica, con ±20,8 %; 2.F.4.a. Inhaladores dosificadores y 2.F.4.b. Otros, ambas con ±17,7 %; y 2.F.1.f. Aire acondicionado estacionario, con ±17,0 %.

Las aplicaciones de refrigeración comercial, refrigeración industrial y transporte refrigerado presentaron incertidumbres de ±13,2 %, ±13,7 % y ±12,4 %, respectivamente. Por su parte, la protección contra incendios registró ±16,9 %, mientras que otras aplicaciones presentaron una incertidumbre de ±7,9 %.

La refrigeración doméstica muestra una reducción de ±21,1 % en 2010 a ±20,8 % en 2024, mientras que el transporte refrigerado disminuyó de ±14,5 % a ±12,4 %. La incertidumbre del aire acondicionado estacionario se redujo de ±25,3 % en 2005 a ±15,3 % en 2015, pero posteriormente aumentó de manera gradual hasta ±17,0 % en 2024. Para las espumas de celdas abiertas se observa un aumento de ±22,7 % en 2023 a ±28,5 % en 2024.

4.7.5 AC/CC de la categoría

Además de las actividades transversales de control y aseguramiento de la calidad aplicadas a la totalidad del inventario, para la categoría 2.F. Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO) se implementaron los siguientes procedimientos específicos:

- Se verificó la integridad y consistencia de las bases de datos B0, B2, F2 y SectorCal correspondientes a las subcategorías estimadas de la categoría 2.F, garantizando que los datos de actividad, factores de emisión y demás parámetros utilizados en los cálculos fueran consistentes con la estructura estandarizada del inventario y estuvieran debidamente documentados.
- Se compararon las emisiones estimadas con las reportadas en el ciclo anterior del inventario, tanto a nivel de subcategoría como de serie temporal, con el fin de identificar variaciones significativas y verificar que estas respondieran a actualizaciones de los datos de actividad, recálculos o mejoras en la implementación de la metodología.
- Se verificó la consistencia del procesamiento de los datos de actividad suministrados por la Unidad Técnica de Ozono (UTO), comprobando la correcta desagregación de las mezclas en sus sustancias constituyentes de HFC y PFC, la aplicación de las composiciones másicas correspondientes y la asignación de cada sustancia a las aplicaciones definidas por las Directrices del IPCC.
- Los resultados obtenidos para la categoría fueron revisados y socializados con la Unidad Técnica de Ozono (UTO) del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, con el propósito de validar la coherencia de los datos de actividad, fortalecer la transparencia del proceso e identificar oportunidades de mejora para futuros ciclos del inventario.

4.7.6 Nuevos cálculos de la categoría

En la categoría 2.F. se presentaron diferencias entre el BTR1 y el BTR2 derivadas principalmente de mejoras en la asignación de sustancias a las diferentes aplicaciones y de la actualización de la herramienta de cálculo empleada para la estimación de las emisiones. No se realizaron cambios metodológicos respecto al enfoque de estimación, sino mejoras en la implementación de este.

La principal modificación correspondió a la subcategoría 2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado, en la cual, durante la elaboración del BTR1, la asignación de las sustancias a las diferentes aplicaciones (refrigeración comercial, doméstica e industrial, transporte refrigerado, aire acondicionado móvil y aire acondicionado estacionario) se realizó mediante distribuciones porcentuales. Como resultado, todas las subcategorías iniciaban su serie temporal en el mismo año. Para el BTR2 se efectuó una asignación específica para cada aplicación, permitiendo representar con mayor precisión el momento en que cada tipo de equipo comenzó a utilizar las distintas sustancias sustitutas de SAO. Esta mejora explica que las subcategorías presenten diferentes años de inicio y variaciones en las emisiones estimadas, aunque el total de la categoría 2.F.1 conservó una tendencia similar.

Adicionalmente, en las subcategorías 2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado y 2.F.3. Protección contra incendios se actualizó la implementación de la herramienta de cálculo. En el BTR1 las estimaciones se realizaron utilizando la hoja de cálculo distribuida por el IPCC; sin embargo, esta herramienta estaba diseñada para realizar cálculos hasta el año 2015 y, por lo que, al extenderla para cubrir años posteriores, se presentan inconsistencias en algunas fórmulas. Para el BTR2 se reprodujo íntegramente la metodología contenida en dicha herramienta mediante un procedimiento independiente, descrito en el Anexo 4.1. Herramienta de cálculo para las categorías 2.F.1 y 2.F.3, eliminando las limitaciones que presentaba la hoja de cálculo original y corrigiendo las inconsistencias identificadas. Estas mejoras explican las diferencias observadas en las estimaciones, particularmente en 2.F.1, que representó alrededor del 98 % de las emisiones de la categoría 2.F, razón por la cual las variaciones en esta subcategoría se reflejaron de forma significativa en el total de la categoría.

En la subcategoría 2.F.2. Agentes espumantes las diferencias obedecieron principalmente a la ampliación de la serie temporal como resultado de la nueva asignación de sustancias a las aplicaciones correspondientes, permitiendo representar emisiones desde años anteriores respecto al BTR1. Por su parte, las subcategorías 2.F.4. Aerosoles, 2.F.5. Solventes y 2.F.6. Otras aplicaciones no presentaron cambios metodológicos ni variaciones significativas frente al BTR1, observándose únicamente diferencias menores asociadas al redondeo de las cifras o a ajustes de presentación, sin efecto sobre las emisiones totales de la categoría.

Tabla 4-92. Uso de productos sustitutos de las SAO: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2) (kt CO_2 eq)

Subcategoría	Reporte	2001	2005	2010	2015	2018	2019	2020	2021
2.F.1.a. Refrigeración comercial	BTR1	9,4	37,7	169,9	500,7	765,5	849,9	1.006,2	1.033,5
	BTR2	NO	NO	145,7	496,6	931,2	958,7	1.100,5	1.000,7
	Diferencia	- 9,4	- 37,7	- 24,2	- 4,2	165,7	108,7	94,3	- 32,8
	Diferencia (%)	-100,0 %	-100,0 %	-14,2 %	-0,8 %	21,6 %	12,8 %	9,4 %	-3,2 %
	Efecto en total de subcategoría 2.F.1 (%)	**-11,5 %**	**-12,7 %**	**-2,8 %**	**-0,2 %**	**6,0 %**	**3,5 %**	**2,4 %**	**-0,8 %**
	Efecto en total neto de subcategoría 2.F.1 (%)	**-11,5 %**	**-12,7 %**	**-2,8 %**	**-0,2 %**	**6,0 %**	**3,5 %**	**2,4 %**	**-0,8 %**
2.F.1.b. Refrigeración doméstica	BTR1	14,8	50,1	111,6	182,9	221,9	240,3	338,6	333,4
	BTR2	NO	NO	118,0	289,3	451,4	459,9	516,7	384,2
	Diferencia	- 14,8	- 50,1	6,4	106,4	229,5	219,6	178,1	50,8
	Diferencia (%)	-100,0 %	-100,0 %	5,7 %	58,2 %	103,4 %	91,4 %	52,6 %	15,2 %
	Efecto en total de subcategoría 2.F.1 (%)	**-18,1 %**	**-16,8 %**	**0,8 %**	**5,5 %**	**8,3 %**	**7,1 %**	**4,6 %**	**1,3 %**
	Efecto en total neto de subcategoría 2.F.1 (%)	**-18,1 %**	**-16,8 %**	**0,8 %**	**5,5 %**	**8,3 %**	**7,1 %**	**4,6 %**	**1,3 %**
2.F.1.c. Refrigeración industrial	BTR1	1,8	11,1	90,4	322,3	516,9	578,0	667,1	689,6
	BTR2	NO	NO	155,0	496,1	910,2	899,0	948,7	814,1
	Diferencia	- 1,8	- 11,1	64,6	173,8	393,2	321,0	281,6	124,6
	Diferencia (%)	-100,0 %	-100,0 %	71,4 %	53,9 %	76,1 %	55,5 %	42,2 %	18,1 %
	Efecto en total de subcategoría 2.F.1 (%)	**-2,2 %**	**-3,7 %**	**7,6 %**	**8,9 %**	**14,2 %**	**10,4 %**	**7,2 %**	**3,2 %**

Subcategoría	Reporte	2001	2005	2010	2015	2018	2019	2020	2021
	Efecto en total neto de subcategoría 2.F.1 (%)	**-2,2 %**	**-3,7 %**	**7,6 %**	**8,9 %**	**14,2 %**	**10,4 %**	**7,2 %**	**3,2 %**
2.F.1.d. Transporte refrigerado	BTR1	1,5	5,4	14,9	31,8	43,9	48,3	61,8	62,3
	BTR2	NO	NO	17,2	49,1	87,3	85,5	86,6	69,1
	Diferencia	- 1,5	- 5,4	2,4	17,4	43,4	37,1	24,8	6,8
	Diferencia (%)	-100,0 %	-100,0 %	15,8 %	54,6 %	98,8 %	76,8 %	40,1 %	10,9 %
	Efecto en total de subcategoría 2.F.1 (%)	**-1,9 %**	**-1,8 %**	**0,3 %**	**0,9 %**	**1,6 %**	**1,2 %**	**0,6 %**	**0,2 %**
	Efecto en total neto de subcategoría 2.F.1 (%)	**-1,9 %**	**-1,8 %**	**0,3 %**	**0,9 %**	**1,6 %**	**1,2 %**	**0,6 %**	**0,2 %**
2.F.1.e. Aire acondicionado móvil	BTR1	51,4	174,3	386,9	630,0	761,1	823,4	1.162,7	1.144,7
	BTR2	NO	NO	107,8	261,6	467,1	587,0	677,5	629,0
	Diferencia	- 51,4	- 174,3	- 279,1	- 368,3	- 294,0	- 236,4	- 485,2	- 515,7
	Diferencia (%)	-100,0 %	-100,0 %	-72,1 %	-58,5 %	-38,6 %	-28,7 %	-41,7 %	-45,0 %
	Efecto en total de subcategoría 2.F.1 (%)	**-62,9 %**	**-58,6 %**	**-32,7 %**	**-18,9 %**	**-10,6 %**	**-7,7 %**	**-12,4 %**	**-13,1 %**
	Efecto en total neto de subcategoría 2.F.1 (%)	**-62,9 %**	**-58,6 %**	**-32,7 %**	**-18,9 %**	**-10,6 %**	**-7,7 %**	**-12,4 %**	**-13,1 %**
2.F.1.f. Aire acondicionado estacionario	BTR1	2,8	19,1	79,7	279,3	465,5	539,1	664,6	668,5
	BTR2	81,7	305,2	318,7	474,9	380,1	466,0	575,0	631,7
	Diferencia	78,9	286,1	239,0	195,6	- 85,4	- 73,1	- 89,5	- 36,8
	Diferencia (%)	2.779,3 %	1.501,3 %	300,0 %	70,0 %	-18,3 %	-13,6 %	-13,5 %	-5,5 %
	Efecto en total de subcategoría 2.F.1 (%)	**96,5 %**	**96,1 %**	**28,0 %**	**10,0 %**	**-3,1 %**	**-2,4 %**	**-2,3 %**	**-0,9 %**
	Efecto en total neto de subcategoría 2.F.1 (%)	**96,5 %**	**96,1 %**	**28,0 %**	**10,0 %**	**-3,1 %**	**-2,4 %**	**-2,3 %**	**-0,9 %**
2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	BTR1	81,7	297,6	853,3	1.947,0	2.774,9	3.079,1	3.900,9	3.931,9
	BTR2	81,7	305,2	862,4	2.067,6	3.227,4	3.456,0	3.905,0	3.528,9
	Diferencia	0,0	7,6	9,1	120,6	452,5	376,9	4,1	-403,1
	Diferencia (%)	0,0 %	2,5 %	1,1 %	6,2 %	16,3 %	12,2 %	0,1 %	-10,3 %
	Efecto en total de categoría 2.F (%)	**0,0 %**	**2,5 %**	**1,0 %**	**5,9 %**	**15,6 %**	**11,7 %**	**0,1 %**	**-9,6 %**
	Efecto en total neto de categoría 2.F (%)	**0,0 %**	**2,5 %**	**1,0 %**	**5,9 %**	**15,6 %**	**11,7 %**	**0,1 %**	**-9,6 %**
2.F.2. Agentes espumantes	BTR1	NO	NO	NO	NO	11,7	21,7	18,9	170,6
	BTR2	NO	NO	NO	29,9	18,9	170,6	147,3	201,8
	Diferencia	0,0	0,0	0,0	29,9	7,2	148,9	128,5	31,2
	Diferencia (%)	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100 %	61,6 %	686,8 %	681,2 %	18,3 %
	Efecto en total de categoría 2.F (%)	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**1,5 %**	**0,2 %**	**4,6 %**	**3,2 %**	**0,7 %**
	Efecto en total neto de categoría 2.F (%)	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**1,5 %**	**0,2 %**	**4,6 %**	**3,2 %**	**0,7 %**
2.F.3. Protección contra incendios	BTR1	NO	NO	1,5	4,9	8,5	8,8	8,8	9,3
	BTR2	NO	NO	1,5	17,2	9,9	17,1	36,7	28,3
	Diferencia	0,0	0,0	0,0	12,3	1,4	8,4	27,9	19,0
	Diferencia (%)	0,0 %	0,0 %	0,0 %	249,8 %	17,0 %	95,2 %	318,3 %	205,8 %
	Efecto en total de categoría 2.F (%)	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,6 %**	**0,0 %**	**0,3 %**	**0,7 %**	**0,5 %**
	Efecto en total neto de categoría 2.F (%)	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,6 %**	**0,0 %**	**0,3 %**	**0,7 %**	**0,5 %**

Subcategoría	Reporte	2001	2005	2010	2015	2018	2019	2020	2021
2.F.4. Aerosoles	BTR1	NO	NO	63,4	94,2	97,8	111,6	114,0	104,1
	BTR2	NO	NO	63,4	94,2	97,8	111,6	114,0	104,0
	Diferencia	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	- 0,1
	Diferencia (%)	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	-0,1 %
	Efecto en total de categoría 2.F (%)	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**
	Efecto en total neto de categoría 2.F (%)	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**
2.F.5. Solventes	BTR1	NO	NO	0,3	0,4	0,4	0,2	NO	NO
	BTR2	NO	NO	0,3	0,4	0,4	NO	NO	NO
	Diferencia	0,0	0,0	- 0,0	- 0,0	0,0	- 0,2	0,0	0,0
	Diferencia (%)	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	-100,0 %	0,0 %	0,0 %
	Efecto en total de categoría 2.F (%)	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**
	Efecto en total neto de categoría 2.F (%)	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**
2.F.6. Otras aplicaciones	BTR1	NO	0,6	1,2	0,6	1,9	2,4	2,9	2,7
	BTR2	NO	0,6	1,2	0,6	1,9	2,4	2,9	2,7
	Diferencia	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Diferencia (%)	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
	Efecto en total de categoría 2.F (%)	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**
	Efecto en total neto de categoría 2.F (%)	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**
2.F. Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO)	BTR1	81,7	298,2	919,8	2.047,1	2.895,2	3.223,8	4.045,4	4.218,6
	BTR2	81,7	305,7	928,9	2.180,2	3.349,1	3.608,9	4.077,4	3.834,5
	Diferencia	0,0	7,6	9,1	133,1	453,9	385,1	32,0	- 384,1
	Diferencia (%)	0,0 %	2,5 %	1,0 %	6,5 %	15,7 %	11,9 %	0,8 %	-9,1 %
	Efecto en total de sector (%)	**0,0 %**	**0,1 %**	**0,1 %**	**1,5 %**	**4,7 %**	**3,8 %**	**0,3 %**	**-3,3 %**
	Efecto en total neto de sector (%)	**0,0 %**	**0,1 %**	**0,1 %**	**1,5 %**	**4,7 %**	**3,8 %**	**0,3 %**	**-3,3 %**
2. IPPU	BTR1	4.738,0	6.848,7	6.976,0	9.102,6	9.676,8	10.052,8	10.604,0	11.721,5
	BTR2	4.728,9	6.830,4	6.973,0	9.149,9	10.142,8	10.554,2	10.711,7	11.342,7
	Diferencia6	**- 9,1**	**- 18,3**	**- 2,9**	**47,3**	**466,0**	**501,4**	**107,6**	**- 378,8**
	Diferencia (%)	**-0,2 %**	**-0,3 %**	**0,0 %**	**0,5 %**	**4,8 %**	**5,0 %**	**1,0 %**	**-3,2 %**

6 Las diferencias reportadas para el total del sector 2. IPPU reflejan el efecto conjunto de las actualizaciones implementadas en todas las categorías del sector entre el BTR1 y el BTR2 y no únicamente de las modificaciones realizadas en la categoría 2.F.

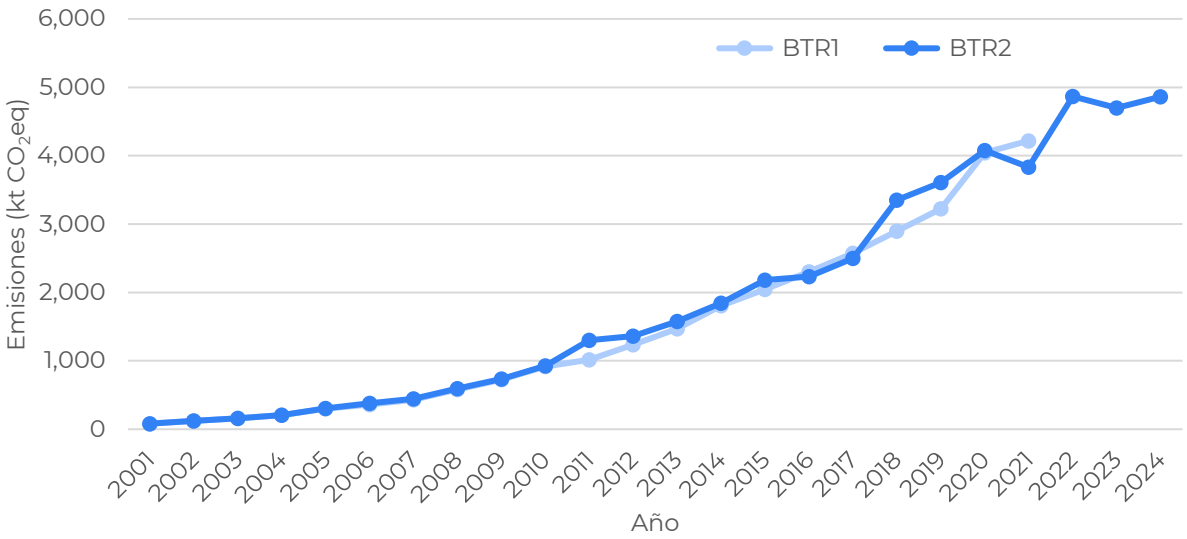


Figura 4-43. Uso de productos sustitutos de las SAO: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2), 1990-2024.

Fuente: Elaboración propia

4.7.7 Mejoras planeadas de la categoría

Con el fin de continuar fortaleciendo la calidad de las estimaciones de la categoría 2.F, se identificó como principal oportunidad de mejora el fortalecimiento de la articulación entre las entidades con competencias en la gestión de gases fluorados y los actores del sector. Esta articulación permitirá evaluar la disponibilidad de información adicional que, en el mediano plazo, facilite la implementación de metodologías de mayor nivel para la estimación de emisiones.

La implementación de esta actividad requerirá la conformación de mesas de trabajo entre el Ideam, la DIAN y el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, orientadas a identificar y evaluar fuentes de información que permitan fortalecer las estimaciones de emisiones de gases fluorados. Este proceso contará con el acompañamiento técnico de la Unidad Técnica de Ozono (UTO), en su calidad de entidad experta.

Tabla 4-93. Uso de productos sustitutos de las SAO: Plan de mejora

Subcategoría	Actividad propuesta de mejora	Periodo	Actores	Priorización
2.F.1 Refrigeración y aire acondicionado	Fortalecer la articulación interinstitucional para identificar y evaluar fuentes de información que permitan, en el mediano plazo, implementar metodologías de estimación de mayor nivel y mejorar la representatividad de las emisiones de gases fluorados.	1990-2024	UTO, DIAN, Mincomercio, importadores y distribuidores de gases fluorados	BTR4 - 2030

4.8 Manufactura y utilización de otros productos (CRT 2.G)

4.8.1 Descripción y tendencia de las emisiones y absorciones atmosféricas de la categoría

La categoría 2.G. Manufactura y utilización de otros productos comprende las emisiones derivadas del uso de gases fluorados y óxido nitroso en diversas aplicaciones industriales y comerciales. De acuerdo con las Directrices del IPCC (Plöger et al., 2006), esta categoría incluye las emisiones de hexafluoruro de azufre (SF_6) y perfluorocarbonos (PFC) asociadas a equipos eléctricos y otros productos, así como las emisiones de N_2O derivadas del uso de determinados productos. En Colombia únicamente se estimaron las emisiones de la subcategoría 2.G.1. Equipos eléctricos, correspondientes al uso de equipos eléctricos que emplean SF_6 como medio aislante y de interrupción de corriente en los sistemas de transmisión y distribución de energía eléctrica. No se estiman emisiones asociadas a la manufactura ni a la eliminación de estos equipos, debido a que estas actividades no se desarrollan en el país. Las emisiones de GEI de la categoría 2.G. Manufactura y utilización de otros productos corresponden exclusivamente a las emisiones de SF_6 derivadas del uso de equipos eléctricos,

por lo que la tendencia de la categoría es equivalente a la observada para la subcategoría 2.G.1. Equipos eléctricos (Tabla 4-94 y Figura 4-44).

Durante el periodo 1990-2000 las emisiones permanecieron relativamente estables, oscilando entre 28,2 y 41,7 kt CO_2eq. A partir de 2001 se observó una tendencia creciente que se acentuó durante toda la serie, alcanzando 230,0 kt CO_2eq en 2024, el valor máximo registrado. En comparación con 1990, las emisiones aumentaron aproximadamente 451 %, mientras que frente a 2023 se incrementaron 4,7 %.

La siguiente tabla presenta las emisiones totales para la categoría 2.G:

Tabla 4-94. Manufactura y utilización de otros productos: Emisiones totales de GEI por categoría y subcategoría (kt CO_2eq)

Fuente	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
2.G. Manufactura y utilización de otros productos	**41,7**	**39,2**	**28,2**	**82,9**	**106,0**	**166,2**	**184,8**	**199,6**	**209,6**	**219,7**	**230,0**
2.G.1. Equipos eléctricos	41,7	39,2	28,2	82,9	106,0	166,2	184,8	199,6	209,6	219,7	230,0

Este comportamiento responde al aumento sostenido de la demanda nacional de energía eléctrica del Sistema Interconectado Nacional (SIN), utilizada como dato de actividad para representar el uso de equipos eléctricos, así como al incremento gradual del factor de emisión de SF_6 aplicado a la serie temporal.

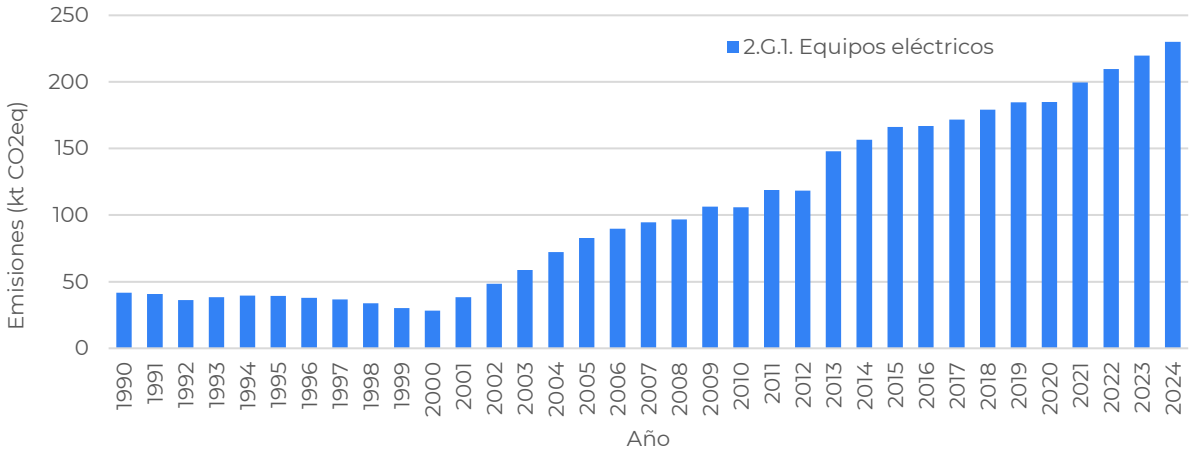


Figura 4-44. Manufactura y utilización de otros productos: Emisiones de GEI por fuente (kt CO_2eq), 1990-2024.

Fuente: Elaboración propia

Las emisiones de GEI de esta categoría correspondieron exclusivamente a SF_6, ya que no se estimaron emisiones de CO_2, CH_4 ni N_2O (Tabla 4-95). El SF_6 se empleó como gas aislante y de interrupción de corriente en equipos utilizados para la transmisión y distribución de energía eléctrica, y las emisiones estimadas corresponden a las pérdidas que ocurren durante la etapa de uso de estos equipos, asociadas principalmente a fugas, actividades de mantenimiento y fallas operativas, de acuerdo con la metodología de Nivel 1 de las Directrices del IPCC (Plöger et al., 2006). La siguiente tabla presenta las emisiones por GEI para la categoría 2.G.

Tabla 4-95. Manufactura y utilización de otros productos: Emisiones totales de GEI (kt CO_2eq)

Fuente	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
2.G.1. Equipos eléctricos											
SF_6	41,7	39,2	28,2	82,9	106,0	166,2	184,8	199,6	209,6	219,7	230,0
CO_2	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
CH_4	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
N_2O	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO

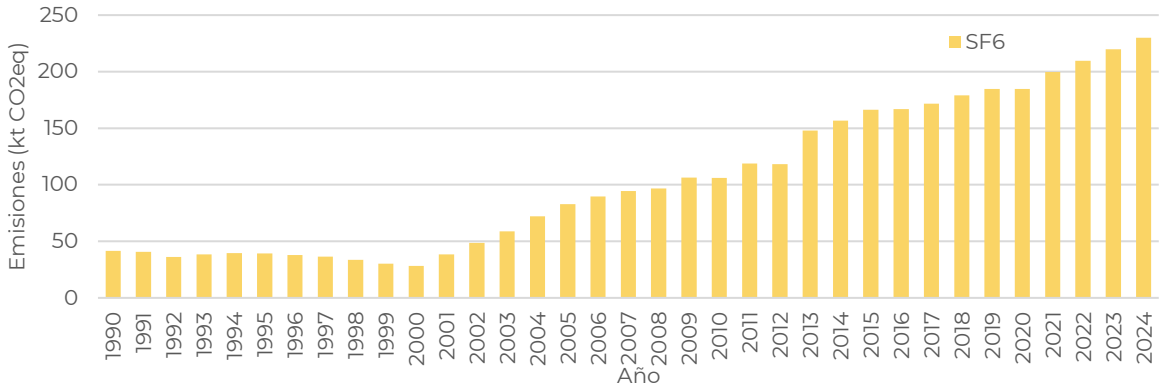


Figura 4-45. Manufactura y utilización de otros productos: Emisiones totales de GEI (kt CO_2eq), 1990-2024

Fuente: Elaboración propia

4.8.2 Aspectos metodológicos de la categoría

Las emisiones de la categoría 2.G.1. Equipos eléctricos se estimaron mediante un método de Nivel 1, siguiendo la metodología propuesta por las Directrices del IPCC de 2006 para el uso de equipos eléctricos que contienen SF_6. La ecuación original considera las emisiones generadas durante la fabricación, instalación, uso y eliminación de los equipos; sin embargo, en Colombia únicamente se estimaron las emisiones asociadas a la fase de uso, debido a que no se desarrollan actividades de manufactura ni de eliminación de este tipo de equipos en el país. En consecuencia, la estimación se simplificó al producto entre la demanda nacional del Sistema Interconectado Nacional (SIN), utilizada como variable representativa del parque de equipos eléctricos en operación, y un factor de emisión expresado en t SF_6/TWh. Este factor incorporó las emisiones derivadas de fugas durante la operación, así como las asociadas a las actividades de servicio, mantenimiento y fallas de los equipos.

El factor de emisión fue desarrollado a partir de la información de emisiones de SF_6 reportada por el Banco Mundial para los años 1990, 2000, 2005, 2008 y 2010. Para ello, las emisiones originalmente expresadas en CO_2eq fueron convertidas a masa de SF_6 mediante el potencial de calentamiento global (GWP), y posteriormente divididas entre el consumo neto total de energía eléctrica del país para obtener un factor en t SF_6/TWh. Los factores correspondientes a los años sin información disponible fueron estimados mediante extrapolación siguiendo la tendencia de los valores reportados, permitiendo construir una serie temporal continua para el periodo 1990-2024.

Tabla 4-96. Manufactura y utilización de otros productos: Aspectos metodológicos

Subcategoría	Contaminante	Nivel (Tier)	No. Ecuación	Ecuación	Fuente
2.G.1. Equipos eléctricos	SF_6	1	V. 3, Ch. 8, Ec. 8.1	$\boldsymbol{Emisiones\ totales = Emisiones\ de\ la\ fabricación + Emisiones\ de\ la\ instalación + Emisiones\ del\ uso\ de\ los\ equipos - Emisiones\ de\ la\ elimintación\ de\ los\ equipos}$ Donde: Emisiones del uso de los equipos = Factor de emisión del uso * Capacidad nominal total de los equipos instalados El «factor de emisión del uso» incluye las emisiones debidas a las fugas, al servicio y mantenimiento, así como a las fallas. A partir de información del Banco Mundial (SF_6 gas emissions), se calcula el factor de emisión del uso de SF_6, como sigue: $\boldsymbol{Emisiones\ Gg\ SF_6 = \frac{Emision\ SF_6\ (Gg\ CO_{2eq})}{GWP}}$ $\boldsymbol{Factor\ de\ emisión\ (Gg\ SF_6/TWh) = \frac{Emisión\ Gg\ SF_6}{Consumo\ neto\ total\ de\ energía\ (TWh)}}$ Dónde: GWP: Potencial de calentamiento global Nota: Se cuenta con los datos de emisiones de SF_6 para los años 1990, 2000, 2005, 2008 y 2010. EL cálculo del Factor de emisión para	IPCC, 2006

Subcategoría	Contaminante	Nivel (Tier)	No. Ecuación	Ecuación	Fuente
				los demás años se realiza teniendo en cuenta la tendencia de los valores **Fuente especificada no válida.**. Dato de actividad empleado en el cálculo: Demanda nacional del Sistema Interconectado Nacional (SIN)	

4.8.2.1 Datos de actividad de la categoría

Para la estimación de las emisiones de la categoría 2.G.1. Equipos eléctricos se empleó como dato de actividad la demanda nacional de energía del Sistema Interconectado Nacional (SIN), obtenida de los informes de operación publicados por XM para el periodo 1990-2024. La demanda de energía se utilizó como variable de aproximación para representar el uso de los equipos eléctricos que contienen SF_6 en los sistemas de transmisión y distribución de electricidad.

La información original fue reportada por XM en GWh, por lo que, previo a la estimación de las emisiones, se convirtió a TWh, unidad requerida para su compatibilidad con el factor de emisión expresado en t SF_6/TWh. Los valores finales de demanda nacional del SIN empleados en el cálculo se presentan en la Tabla 4-98. No se realizaron procesamientos adicionales sobre la información una vez efectuada la conversión de unidades.

Tabla 4-97. Manufactura y utilización de otros productos: Fuente de información de datos de actividad para 2.D.3

Dato de actividad	Periodo	Fuente	Observación
2.G.1. Equipos eléctricos			
Demanda Nacional del SIN	1990-2024	XM - Informe de operación del SIN	Se hace conversión del dato original en GWh a TWh

Tabla 4-98. Manufactura y utilización de otros productos: Datos de actividad para la subcategoría 2.G.1. Equipos eléctricos

Año	Demanda nacional del SIN (TWh)	Año	Demanda nacional del SIN (TWh)	Año	Demanda nacional del SIN (TWh)
1990	28,2	2002	34,7	2014	63,6
1991	28,8	2003	35,4	2015	66,5
1992	26,6	2004	37,4	2016	65,9
1993	29,7	2005	37,8	2017	66,9
1994	32,0	2006	40,5	2018	68,9
1995	33,5	2007	42,2	2019	70,1
1996	34,1	2008	42,8	2020	69,3
1997	34,8	2009	46,4	2021	73,9
1998	34,1	2010	45,5	2022	76,7
1999	32,6	2011	50,3	2023	79,4
2000	32,6	2012	49,4	2024	82,1
2001	33,9	2013	60,9		

4.8.2.2 Factores de emisión aplicados en la categoría

Los factores de emisión empleados para la categoría 2.G.1. Equipos eléctricos correspondieron a factores de emisión por uso de equipos eléctricos, expresados en t SF_6/TWh, estimados a partir de la información de emisiones de SF_6 reportada por el Banco Mundial (2026b) y la demanda nacional del Sistema Interconectado Nacional (SIN). Para los años con información disponible del Banco Mundial se utilizaron los valores calculados directamente, mientras que para los años sin dato se emplearon valores extrapolados siguiendo la tendencia de la serie, como se presenta en la Tabla 4-99. Los factores aplicados correspondieron a una metodología de Nivel 1 y se mantuvieron sin modificaciones respecto al BTR1. Estos factores permitieron estimar las emisiones

asociadas al uso de equipos eléctricos, considerando las fugas de SF_6 que pueden ocurrir durante la operación, servicio y mantenimiento de los equipos.

Tabla 4-99. Manufactura y utilización de otros productos: factores de emisión aplicados por fuente de GEI, carbono negro y contaminantes criterio

Subcategoría	Fuente FE	Nivel (Tier)	Clasificación	Contaminante	Valor	Unidad
2.G.1. Equipos eléctricos	Banco Mundial	1	1990	SF_6	6,30E-02	t SF_6 / TWh
	Dato extrapolado	1	1991		6,04E-02	t SF_6 / TWh
	Dato extrapolado	1	1992		5,78E-02	t SF_6 / TWh
	Dato extrapolado	1	1993		5,51E-02	t SF_6 / TWh
	Dato extrapolado	1	1994		5,25E-02	t SF_6 / TWh
	Dato extrapolado	1	1995		4,99E-02	t SF_6 / TWh
	Dato extrapolado	1	1996		4,73E-02	t SF_6 / TWh
	Dato extrapolado	1	1997		4,47E-02	t SF_6 / TWh
	Dato extrapolado	1	1998		4,21E-02	t SF_6 / TWh
	Dato extrapolado	1	1999		3,94E-02	t SF_6 / TWh
	Banco Mundial	1	2000		3,68E-02	t SF_6 / TWh
	Dato extrapolado	1	2001		4,81E-02	t SF_6 / TWh
	Dato extrapolado	1	2002		5,95E-02	t SF_6 / TWh
	Dato extrapolado	1	2003		7,08E-02	t SF_6 / TWh
	Dato extrapolado	1	2004		8,21E-02	t SF_6 / TWh
	Banco Mundial	1	2005		9,34E-02	t SF_6 / TWh
	Dato extrapolado	1	2006		9,43E-02	t SF_6 / TWh
	Dato extrapolado	1	2007		9,53E-02	t SF_6 / TWh
	Banco Mundial	1	2008		9,62E-02	t SF_6 / TWh
	Dato extrapolado	1	2009		9,77E-02	t SF_6 / TWh
	Banco Mundial	1	2010		9,91E-02	t SF_6 / TWh
	Dato extrapolado	1	2011		1,01E-01	t SF_6 / TWh
	Dato extrapolado	1	2012		1,02E-01	t SF_6 / TWh
	Dato extrapolado	1	2013		1,03E-01	t SF_6 / TWh
	Dato extrapolado	1	2014		1,05E-01	t SF_6 / TWh
	Dato extrapolado	1	2015		1,06E-01	t SF_6 / TWh
	Dato extrapolado	1	2016		1,08E-01	t SF_6 / TWh
	Dato extrapolado	1	2017		1,09E-01	t SF_6 / TWh
	Dato extrapolado	1	2018		1,11E-01	t SF_6 / TWh
	Dato extrapolado	1	2019		1,12E-01	t SF_6 / TWh
	Dato extrapolado	1	2020		1,13E-01	t SF_6 / TWh
	Dato extrapolado	1	2021		1,15E-01	t SF_6 / TWh
	Dato extrapolado	1	2022		1,16E-01	t SF_6 / TWh
	Dato extrapolado	1	2023		1,18E-01	t SF_6 / TWh
	Dato extrapolado	1	2024		1,19E-01	t SF_6 / TWh

4.8.3 Descripción de flexibilidad aplicada en la categoría

No se aplicó ninguna flexibilidad.

4.8.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría

Tabla 4-100. Resultados de incertidumbre (%) por propagación del error para 2.G.1. Equipos electrónicos

Subcategoría	Cont	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
2.G.1. Equipos eléctricos	SF6	15,8	15,8	15,8	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2

Las emisiones de esta subcategoría corresponden a SF_6 y presentan una incertidumbre promedio de ±15,36 %.

Entre 1990 y 2000, la incertidumbre se mantuvo constante en ±15,8 %. En 2005 disminuyó a ±15,2 % y permaneció en este valor hasta 2024. Al comparar los extremos del periodo, se observa una reducción relativa del 3,80 %, equivalente a 0,6 puntos porcentuales.

4.8.5 AC/CC de la categoría

Además de las actividades transversales de control y aseguramiento de la calidad aplicadas a la totalidad del inventario, para la categoría 2.G. Manufactura y utilización de otros productos se implementaron los siguientes procedimientos específicos:

- Se verificó la integridad y consistencia de las bases de datos B0, B2, F2 y SectorCal correspondientes a la categoría 2.G, garantizando que los datos de actividad, factores de emisión y demás parámetros utilizados en los cálculos fueran consistentes con la estructura estandarizada del inventario y estuvieran debidamente documentados.
- Se compararon las emisiones estimadas con las reportadas en el ciclo anterior del inventario, tanto a nivel de serie temporal como de resultados agregados, verificando la consistencia de las estimaciones y corroborando que no se presentaran variaciones metodológicas ni cambios en las fuentes de información empleadas.
- Se verificó la consistencia de los datos de actividad obtenidos de los informes de operación del Sistema Interconectado Nacional (SIN) publicados por XM.
- Los resultados obtenidos para la categoría fueron revisados internamente, verificando la coherencia de las tendencias observadas con la evolución de la demanda nacional de energía eléctrica y con los supuestos metodológicos empleados para la estimación de las emisiones por uso de equipos eléctricos.

4.8.6 Nuevos cálculos de la categoría

En la categoría 2.G. Manufactura y utilización de otros productos no se realizaron recálculos con respecto al BTR1. Como se observa en la Tabla 4-101, las emisiones estimadas para el periodo 1990-2021 permanecieron iguales entre ambos reportes, por lo que la diferencia porcentual es de 0,0 % en todos los años de la serie y no se presentó efecto sobre el total ni sobre el total neto del sector IPPU.

Tabla 4-101. Manufactura y utilización de otros productos: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2) (kt CO_2eq)

Subcategoría	Reporte	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021
2.G. Manufactura y utilización de otros productos	BTR1	41,7	39,2	28,2	82,9	106,0	166,2	184,8	199,6
2.G. Manufactura y utilización de otros productos	BTR2	41,7	39,2	28,2	82,9	106,0	166,2	184,8	199,6
2.G. Manufactura y utilización de otros productos	Diferencia	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2.G. Manufactura y utilización de otros productos	**Diferencia (%)**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**
2.G. Manufactura y utilización de otros productos	**Efecto en total de sector (%)**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**	**0,0 %**
2.G. Manufactura y utilización de otros productos	Efecto en total neto de sector (%)	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
2. IPPU	BTR1	4.124,2	5.618,8	4.875,6	6.848,7	6.976,0	9.102,6	10.604,0	11.721,5
2. IPPU	BTR2	4.272,8	5.672,0	4.865,1	6.830,4	6.973,0	9.149,9	10.711,7	11.342,7
2. IPPU	**Diferencia**	**148,6**	**53,2**	**- 10,5**	**- 18,3**	**- 2,9**	**47,3**	**107,6**	**- 378,8**
2. IPPU	**Diferencia (%)**	**3,6 %**	**0,9 %**	**-0,2 %**	**-0,3 %**	**0,0 %**	**0,5 %**	**1,0 %**	**-3,2 %**

4.8.7 Mejoras planeadas de la categoría

Como resultado del proceso de revisión técnica realizado, se identificó una oportunidad de mejora asociada con la metodología empleada para estimar las emisiones de SF_6 provenientes del uso de equipos eléctricos. La metodología actual utiliza como variable de referencia la producción de electricidad del Sistema Interconectado Nacional (SIN); sin embargo, esta variable no representa directamente los principales factores que determinan las emisiones, como la cantidad de SF_6 contenida en los equipos instalados, las características y antigüedad de la infraestructura, las tasas de fuga y las actividades de mantenimiento y disposición final. Por lo anterior, se propone avanzar en la identificación y evaluación de información y metodologías alternativas que permitan fortalecer la exactitud de las estimaciones de esta subcategoría como se muestra en la Tabla 4-102.

Tabla 4-102. Manufactura y utilización de otros productos: Plan de mejora

Subcategoría	Actividad propuesta de mejora	Periodo	Actores	Priorización
2.G.1. Equipos eléctricos	Identificar y evaluar fuentes de información y metodologías alternativas para estimar las emisiones de SF_6 de los equipos eléctricos, considerando información sobre existencias de equipos, carga de SF_6, tasas de fuga, mantenimiento, recarga, recuperación y disposición final hasta donde sea posible.	1990-2024	Ideam, Ministerio de Minas y Energía, UPME, XM S.A. E.S.P. y empresas del sector eléctrico	BTR4 - 2030

4.9 Otros (CRT 2.H)

4.9.1 Descripción y tendencia de las emisiones y absorciones atmosféricas de la categoría

La categoría 2.H. Otros comprende las emisiones de contaminantes atmosféricos generadas durante procesos industriales específicos que no se encuentran cubiertos por las demás categorías del sector IPPU. Para el inventario nacional se estimaron las emisiones provenientes de dos subcategorías: 2.H.1. Industria de pulpa y papel y 2.H.2. Industria de alimentos y bebidas (Figura 4-46).

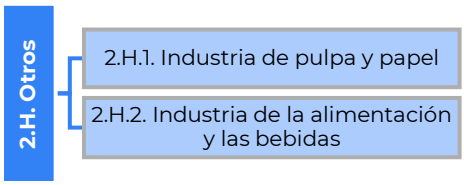


Figura 4-46. Otros: Subcategorías estimadas en la categoría 2.H. Otros

La subcategoría 2.H.1. Industria de pulpa y papel incluye las emisiones asociadas a la producción de pulpa y papel, un proceso que comprende principalmente las etapas de obtención de la pulpa, blanqueo y fabricación del papel. Dependiendo de las características del producto final, pueden emplearse distintos procesos de pulpeo químico, como el proceso Kraft, el proceso al sulfito ácido y el proceso semiquímico al sulfito neutro (NSSC). Durante estas operaciones se generan emisiones de COVDM, SO_2, PM_{10} y $PM_{2.5}$, CN, NO_x y CO, asociadas principalmente a las etapas de digestión, recuperación química, blanqueo y manejo de licor negro (Kuenen, Deslauriers, Trozzi, et al., 2019). Las emisiones derivadas de los procesos de combustión utilizados para el suministro de energía no se incluyeron en esta categoría y se reportaron en el sector Energía.

Por su parte, la subcategoría 2.H.2. Industria de alimentos y bebidas comprende las emisiones de COVDM generadas durante la fabricación de alimentos y bebidas, excluyendo la extracción de aceites vegetales. Estas emisiones se producen principalmente durante procesos como el calentamiento de grasas y aceites, el horneado de cereales y productos de panificación, la fermentación, la destilación, la tostión de café y la producción de bebidas alcohólicas. En el caso de las bebidas fermentadas y destiladas, las emisiones de COVDM se originan por la liberación de alcohol y otros compuestos orgánicos volátiles durante la fermentación, la destilación y el almacenamiento o maduración de los productos (Kuenen, Emmott, Richardson, et al., 2019)

Tabla 4-103. Otros: Emisiones de carbono negro y contaminantes criterio (kt)

Fuente	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
2.H. Otros											
COVDM	29,9	39,6	27,1	23,2	18,8	15,1	12,8	17,2	17,9	19,0	18,6
PM_{10}	0,4	0,5	0,5	0,6	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4
$PM_{2.5}$	0,3	0,3	0,4	0,4	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
CN	8,6E-03	8,9E-03	9,1E-03	1,1E-02	6,3E-03	6,1E-03	6,5E-03	7,6E-03	7,4E-03	7,7E-03	7,9E-03
CO	3,0	3,2	3,2	4,0	2,2	2,1	2,3	2,7	2,6	2,7	2,8
NO_X	0,6	0,6	0,6	0,7	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5
SO_2	1,1	1,1	1,2	1,4	0,8	0,8	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0
2.H.1. Industria de pulpa y papel											
COVDM	1,1	1,1	1,2	1,4	0,8	0,8	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0
PM_{10}	0,4	0,5	0,5	0,6	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4
$PM_{2.5}$	0,3	0,3	0,4	0,4	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
CN	8,6E-03	8,9E-03	9,1E-03	1,1E-02	6,3E-03	6,1E-03	6,5E-03	7,6E-03	7,4E-03	7,7E-03	7,9E-03
CO	3,0	3,2	3,2	4,0	2,2	2,1	2,3	2,7	2,6	2,7	2,8
NO_X	0,6	0,6	0,6	0,7	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5
SO_2	1,1	1,1	1,2	1,4	0,8	0,8	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0
2.H.2. Industria de alimentos y bebidas											
COVDM	28,8	38,4	26,0	21,7	18,0	14,3	12,0	16,2	17,0	18,0	17,6
CO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
NO_X	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO

Fuente: Elaboración propia

Las emisiones de contaminantes criterio y carbono negro de la categoría 2.H. Otros presentaron dos comportamientos diferenciados según la subcategoría de origen. Por una parte, las emisiones de PM_{10}, $PM_{2.5}$, CN, CO, NO_x y SO_2 provinieron exclusivamente de la industria de pulpa y papel (2.H.1), ya que la industria de alimentos y bebidas (2.H.2) únicamente generó emisiones de COVDM. En consecuencia, la evolución temporal de estos contaminantes siguió directamente las variaciones en la producción de pulpa de papel. Se observó un incremento gradual entre 1990 y 2005, cuando se alcanzaron los valores máximos de la serie (0,6 kt de PM_{10}, 0,4 kt de $PM_{2.5}$, 0,011 kt de CN, 4,0 kt de CO, 0,7 kt de NO_x y 1,4 kt de SO_2), seguido de una disminución entre 2006 y 2011, consistente con la reducción en la producción de pulpa registrada en ese periodo. A partir de 2012 las emisiones mostraron una recuperación moderada, alcanzando en 2024 valores de 0,4 kt de PM_{10}, 0,3 kt de $PM_{2.5}$, 0,0079 kt de CN, 2,8 kt de CO, 0,5 kt de NO_x y 1,0 kt de SO_2.

Por el contrario, las emisiones de COVDM estuvieron dominadas por la industria de alimentos y bebidas, que aportó alrededor del 95 % del total de la categoría durante toda la serie, mientras que la industria de pulpa y papel contribuyó con aproximadamente el 5 % restante. Como resultado, la tendencia de los COVDM reflejó principalmente el comportamiento de la producción de alimentos y bebidas, con un máximo de 39,6 kt en 2005, una disminución sostenida hasta alcanzar 12,8 kt en 2020 y una recuperación parcial en los años posteriores, situándose en 18,6 kt en 2024. Esta evolución respondió a las variaciones en los volúmenes de producción de las diferentes líneas de alimentos y bebidas consideradas en el inventario, dado que las emisiones se estimaron mediante factores de emisión específicos por tipo de producto.

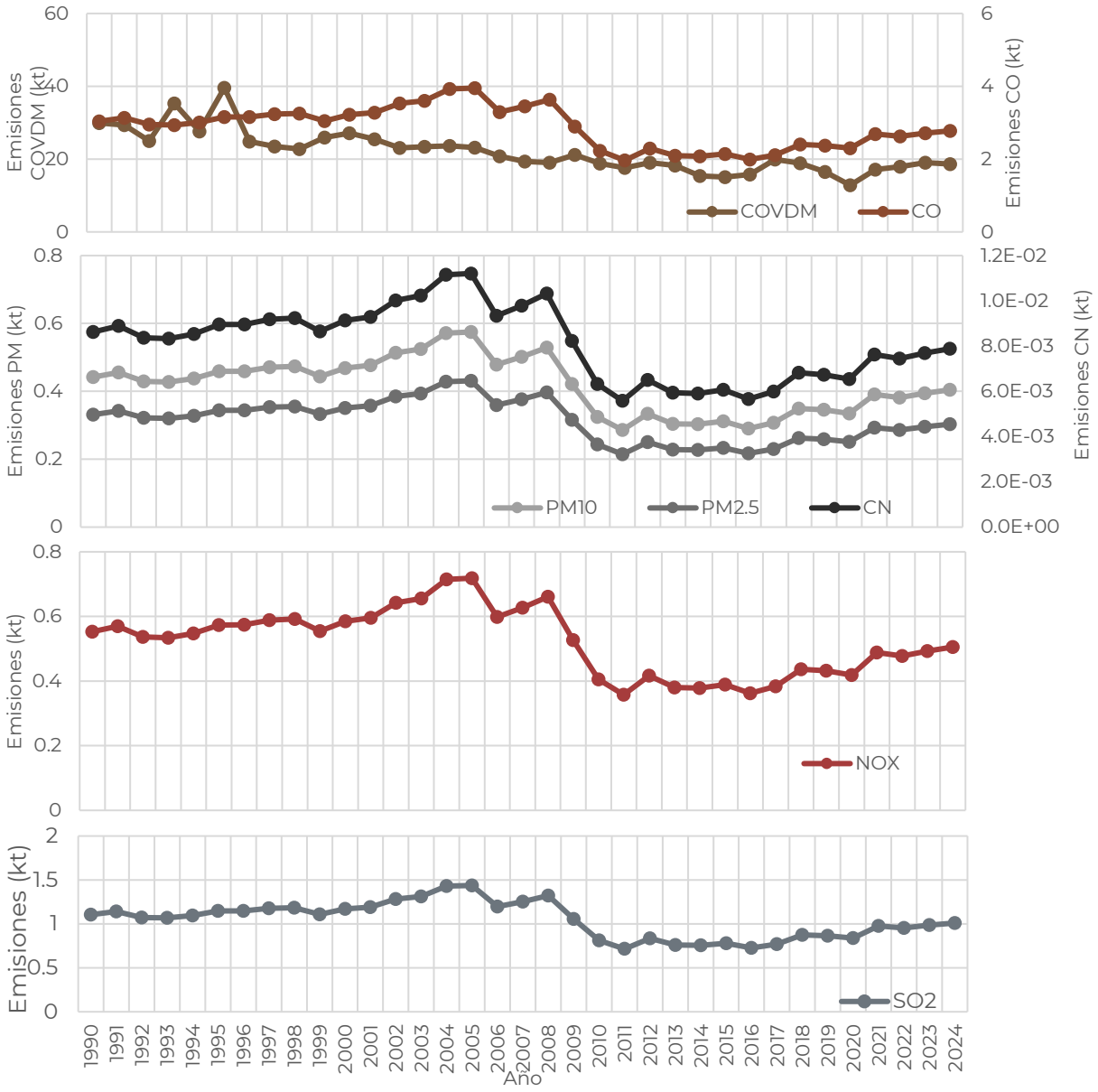


Figura 4-47. Otros: Emisiones totales carbono negro y contaminantes criterio (kt), 1990-2024

Fuente: Elaboración propia

4.9.2 Aspectos metodológicos de la categoría

La estimación de las emisiones de la categoría 2.H. Otros se realizó siguiendo las metodologías propuestas en la guía EMEP/EEA (2019), empleando enfoques acordes con la disponibilidad de información para cada subcategoría (

Tabla 4-104). En la industria de pulpa y papel (2.H.1) se aplicó una metodología de Nivel 1, en la que las emisiones de COVDM, PM_{10}, $PM_{2.5}$, CN, CO, NO_x y SO_2 se estimaron mediante el producto entre la producción anual de pulpa de papel y el correspondiente factor de emisión para cada contaminante. Por su parte, en la industria de alimentos y bebidas (2.H.2) se empleó una metodología de Nivel 2 para la estimación de COVDM, en la cual las emisiones se calcularon como la suma de las emisiones generadas por cada una de las tecnologías o tipos de productos considerados, utilizando factores de emisión específicos para cada categoría de producción.

Tabla 4-104. Otros: Aspectos metodológicos

Subcategoría	Contaminante	Nivel (Tier)	No. Ecuación	Ecuación	Fuente
2.H.1. Industria de pulpa y papel	COVDM, PM_{10}, $PM_{2.5}$, CN, CO, NO_X, SO_2	1	V. 2, Ch. 2.H.1, Ec. 1	$E_{contaminante} = AR_{Producción} \times EF_{Contaminante}$ **$E_{contaminante}$** = emisión anual del contaminante. **$EF_{contaminante}$** = factor de emisión del contaminante. **$AR_{producción}$** = tasa de actividad correspondiente a la explotación en canteras o minería.	EMEP/EEA, 2019
2.H.2. Industria de alimentos y bebidas	COVDM	2	V. 2, Ch. 2.H.2, Ec. 1	$E_{COVDM} = \sum_{tecnologías} AR_{Producción,teconolgía} \times EF_{tecnología,COVDM}$ Donde: *E_{NMVOC}= emisiones de compuestos orgánicos volátiles no metánicos (COVDM).* *$AR_{producción, tecnología}$= tasa de producción dentro de la categoría fuente, utilizando esa tecnología específica.* *$EF_{tecnología, contaminante}$= factor de emisión correspondiente a esa tecnología y a ese contaminante.*	EMEP/EEA, 2019

4.9.2.1 Datos de actividad de la categoría

2.H.1. Industria de pulpa y papel: Para la estimación de las emisiones de la subcategoría 2.H.1. Industria de pulpa y papel se utilizó como dato de actividad la producción nacional de pulpa de papel (Tabla 4-105). Para el periodo 2010-2024 se empleó información reportada por la ANDI en el Informe estadístico anual de la Industria de papel y cartón, mientras que para 1990-2009 y 2021-2024 la serie fue completada mediante una técnica de empalme, utilizando como driver el consumo energético de la categoría 1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta. Los datos se reportaron originalmente en toneladas, por lo que no fue necesario realizar conversiones de unidades ni procesamientos adicionales antes de su utilización en la estimación de emisiones.

Tabla 4-105. Otros: Fuente de información de datos de actividad para 2.H.1. y 2.H.2

Dato de actividad	Periodo	Fuente	Observación
2.H.1. Industria de pulpa y papel			
Producción de pulpa de papel	1990-2009	Técnica de empalme	Proyección utilizando como variable proxy el consumo energético de la categoría 1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta
	2010-2020	ANDI – Informe estadístico anual de la Industria de papel y cartón	No requirió procesamiento, el dato de actividad se reportó en toneladas
	2021-2024	Técnica de empalme	Proyección utilizando como variable proxy el consumo energético de la categoría 1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta
2.H.2. Industria de alimentos y bebidas			
Producción de diferentes tipos de artículos	1990-1991	Técnica de empalme	Promedio de los tres últimos años
	1992-2024	DANE – Encuesta anual manufacturera (EAM)	Anexo 6.2 Se utilizó la información de producción de cada uno de los productos presentados en la Tabla 4-106 y luego se agruparon como se aprecia en esa misma tabla. Además de agrupar los datos de producción se realizaron algunos cambios de unidades de kg a Mg y de l a hl. En el caso del vino solo se contó con un dato genérico y se asumió que el 40 % es vino blanco y el 60 % es vino tinto.

Fuente: Elaboración propia

2.H.2. Industria de alimentos y bebidas: La estimación de las emisiones de la subcategoría se realizó utilizando información de producción de la Encuesta Anual Manufacturera (EAM) del DANE para el periodo 1992-2024, mientras que para 1990-1991 se aplicó una técnica de empalme basada en el promedio de los tres primeros años con información disponible.

Debido a que los factores de emisión de la guía EMEP/EEA (2019) están definidos para categorías amplias de productos, fue necesario agrupar diferentes productos de la EAM en las categorías de actividad empleadas para el inventario (Tabla 4-106). Así, se consolidaron los productos correspondientes a carne, pescado y aves; margarinas y grasas sólidas para cocinar; tortas, bizcochos y cereales; comida animal; pan; azúcar; café tostado; bebidas espirituosas; brandy; whisky; vino y cerveza.

Adicionalmente, se realizaron algunos procesamientos para armonizar las unidades de los datos de actividad con las requeridas por los factores de emisión. En particular, los datos reportados en kilogramos fueron convertidos a megagramos (Mg) y aquellos reportados en litros fueron convertidos a hectolitros (hl). Para la categoría de vino, dado que la EAM reportó únicamente un valor agregado, se asumió que la producción corresponde en un 40 % a vino blanco y 60 % a vino tinto, con el fin de aplicar los factores de emisión específicos definidos para cada tipo de producto en la guía metodológica.

Tabla 4-106. Otros: Supuestos utilizados para la estimación de 2.H.2

Categoría	Subcategoría
Carne, pescado y aves	Carne de pollo, fresca o refrigerada más Carne de gallina, fresca o refrigerada; Carne vacuna fresca o refrigerada; Carne de cerdo fresca o refrigerada; Tocino; Carne vacuna congelada; Carne de cerdo, congelada; Vísceras de ganado n.c.p.; Vísceras de aves de corral; Jamón; Tocineta; Carnes deshidratadas; Carnes ahumadas; Carnes curadas; Mortadela; Paté; Salchichón; Salchichas; Chorizos y longanizas; Morcillas; Jamoneta envasada; Salchichas envasadas; Chorizos envasados; Carnes frías preparadas, embutidas; Carnes frías preparadas, no embutidas; Embutidos dietéticos; Pollos y pavos rellenos; Carnes en conserva envasadas n.c.p.; Lechona (cerdo relleno); Carnes preparadas no embutidas, ni envasadas (carnes apanadas); Pescado congelado (excepto filetes y carne de pescado); Filetes de pescado congelados (excepto de atún); Filetes de atún congelados; Atún enlatado; Atún empacado al vacío; Pescados enlatados n.c.p.; Crustáceos congelados; Moluscos congelados
Margarinas y grasas sólidas para cocinar	Margarina; Mantecas compuestas para cocinar; Margarinas y cremas mezcladas para panadería
Tortas, bizcochos y cereales	Torta de ajonjolí; Torta de soja; Cereales expandidos; Galletas dulces más Galletas saladas; Retal de galletas; Conos y similares para helados; Barquillos; Obleas; Ponqués y tortas; Bizcochos y pasteles de dulce; Bizcochos de harina de maíz; Arepas de harina de maíz; Arepas de maíz precocido o yuca; Pasteles, empanadas, panzerottis y productos similares de sal; Pasteles y pasabocas de maíz; Tortillas (pizza) de harina de trigo; Bizcochos de harina de achira
Comida animal	Alimentos balanceados para ganado vacuno; Alimentos balanceados para ganado porcino; Alimentos balanceados para equinos; Alimentos balanceados para aves; Alimentos especiales para peces; Alimentos especiales para la cría y levante de conejos; Premezclas básicas para alimentos de animales; Preparaciones alimenticias especiales para animales n.c.p.; Alimentos para perros más Alimentos para gatos
Pan	Calados, tostadas y productos similares; Pan de trigo; Pan de maíz, queso, yuca y similares
Azúcar	Azúcar cruda; Azúcar sulfitada; Azúcar refinada; Azúcar en cubos; Azúcar pulverizada; Sacarosa químicamente pura; Azúcar con adición de edulcorantes
Café tostado	Café liofilizado; Café consumo descafeinado; Café excelso descafeinado; Café tostado en grano; Café molido; Extracto de café
Bebidas espirituales	Aguardiente; Ron; Vodka; Concentrados de whisky; Concentrados de brandy; Sabajón
Brandy	Brandy
Whisky	Whisky
Vino tinto y blanco	Vinos espumosos; Vino de uvas; Vino de frutas
Cerveza	Cerveza embotellada, tipo Pilsen; Cerveza negra

Tabla 4-107. Otros: Datos de actividad para la subcategoría 2.H.1. Industria de pulpa y papel

Año	Producción de pulpa de papel (t)	Año	Producción de pulpa de papel (t)	Año	Producción de pulpa de papel (t)	Año	Producción de pulpa de papel (t)
1990	552.728,2	1999	554.679,4	2008	661.366,1	2017	383.998,1
1991	569.976,0	2000	585.180,4	2009	527.288,4	2018	436.898,0
1992	536.318,8	2001	595.670,8	2010	405.436,7	2019	431.868,0
1993	534.269,3	2002	641.938,9	2011	357.586,4	2020	418.900,0
1994	547.095,2	2003	655.588,7	2012	417.122,2	2021	488.733,8
1995	573.694,1	2004	714.632,4	2013	380.532,1	2022	477.310,0
1996	573.986,6	2005	718.507,8	2014	378.573,2	2023	492.777,3
1997	588.846,7	2006	598.340,1	2015	389.374,5	2024	505.477,1
1998	592.156,2	2007	627.014,6	2016	362.654,3		

Tabla 4-108. Otros: Datos de actividad para la subcategoría 2.H.2. Industria de alimentos y bebidas

Año	Producción (Mg)							Producción (hl)					
	Pan	Tortas, bizcochos y cereales	Carne, pescado y aves	Artículos de Azúcar	Margarinas y grasas sólidas para cocinar	Comida animal	Café tostado	Vino blanco	Vino tinto	Whisky	Cerveza	Bebidas espirituales	Brandy
1990	78,9	291,5	233,8	704.072,0	143,5	1.855,7	73,7	86.661,7	129.992,5	7.086,9	14.074.409,9	1.398.421,3	60.459,2
1991	80,1	290,6	246,1	643.079,3	140,6	1.913,3	76,4	86.922,2	130.383,3	6.615,7	14.389.012,1	1.398.085,5	73.327,9
1992	77,1	280,8	219,7	270.790,7	144,5	1.780,9	72,3	77.800,9	116.701,4	5.809,6	13.667.511,7	1.362.255,0	60.110,4
1993	79,4	303,1	235,7	1.198.346,0	145,3	1.872,8	72,3	95.261,9	142.892,8	8.835,4	14.166.705,9	1.434.923,3	47.939,3
1994	83,9	287,9	283,2	460.101,2	132,1	2.086,2	84,7	87.703,7	131.555,6	5.202,1	15.332.818,7	1.397.078,2	111.934,1
1995	87,3	311,4	320,6	663.698,5	137,6	2.364,6	66,5	81.727,2	122.590,8	9.265,3	19.331.277,4	2.040.324,7	124.690,0
1996	101,9	288,5	372,9	542.878,6	137,7	2.561,7	69,3	77.988,9	116.983,4	7.068,5	16.930.385,0	1.150.821,5	90.608,4
1997	111,6	283,9	404,3	509.971,5	143,0	2.492,4	69,1	67.706,1	101.559,1	3.122,7	17.375.485,0	1.078.803,3	111.017,6
1998	112,3	197,2	398,0	566.235,9	137,6	2.601,3	73,9	67.403,6	101.105,4	2.043,0	16.236.536,8	1.004.757,0	64.320,8
1999	114,6	196,9	464,2	778.397,5	162,6	2.490,9	67,8	65.542,0	98.313,0	853,0	14.212.823,6	1.089.263,4	54.170,5
2000	116,1	238,2	536,8	922.423,1	161,7	2.606,3	78,1	61.962,5	92.943,8	1.761,2	13.980.562,1	1.068.515,6	56.274,0
2001	116,7	229,9	556,0	700.037,6	172,9	2.707,4	82,5	64.163,3	96.245,0	1.780,1	13.210.254,8	1.106.599,4	51.233,0
2002	112,3	226,1	596,0	687.808,0	160,8	2.941,0	82,6	54.621,8	81.932,7	2.549,1	14.774.828,6	947.833,6	52.359,7

Año	Producción (Mg)							Producción (hl)					
	Pan	Tortas, bizcochos y cereales	Carne, pescado y aves	Artículos de Azúcar	Margarinas y grasas sólidas para cocinar	Comida animal	Café tostado	Vino blanco	Vino tinto	Whisky	Cerveza	Bebidas espirituales	Brandy
2003	117,1	245,4	650,4	677.264,2	167,9	2.968,3	69,0	58.002,3	87.003,4	3.430,4	15.025.144,6	971.268,0	57.597,0
2004	114,4	239,7	701,1	650.099,4	163,6	2.986,0	73,2	53.809,5	80.714,2	2.393,9	15.716.830,7	993.761,8	58.844,1
2005	124,2	245,9	724,2	576.259,2	160,6	4.875,8	72,2	50.379,0	75.568,5	2.782,7	17.291.273,9	1.006.473,1	61.731,6
2006	129,3	258,5	774,5	503.490,9	163,6	3.620,2	72,6	55.282,2	82.923,2	4.164,3	18.061.441,4	914.266,9	37.456,7
2007	149,7	266,0	828,7	374.146,5	174,0	3.869,4	70,6	56.219,7	84.329,5	4.140,1	18.146.140,8	904.940,1	23.906,8
2008	167,2	298,0	1.059,2	297.710,2	173,7	3.903,2	78,0	56.429,2	84.643,9	7.394,2	19.280.312,5	930.731,8	19.569,0
2009	178,1	319,1	1.104,4	494.589,8	135,5	3.805,8	71,6	56.653,2	84.979,8	6.727,2	19.074.596,3	960.528,8	21.503,1
2010	192,1	332,5	1.102,0	177.045,9	170,9	4.070,5	74,8	51.728,5	77.592,8	4.527,2	18.335.375,6	1.032.082,7	16.547,0
2011	198,8	350,4	1.943,3	191.973,3	204,8	3.990,7	70,5	50.743,3	76.115,0	6.180,7	19.064.405,1	946.809,7	14.113,4
2012	186,7	352,4	2.000,2	237.770,6	202,7	4.169,4	67,8	47.596,4	71.394,6	5.847,1	20.223.338,7	1.001.905,3	17.338,3
2013	196,7	368,4	1.312,5	285.161,1	218,4	4.399,8	73,2	48.493,5	72.740,3	4.299,9	20.176.201,1	921.130,5	17.110,6
2014	227,4	392,5	1.425,3	237.999,4	264,9	4.894,1	79,8	48.140,9	72.211,4	2.763,9	20.165.070,3	762.998,4	22.315,0
2015	255,9	451,0	1.507,6	298.845,4	218,7	5.440,4	87,8	46.112,7	69.169,1	3.946,3	21.725.725,1	697.801,9	18.423,0
2016	283,6	448,3	1.562,7	265.120,5	246,1	5.753,4	92,1	45.650,5	68.475,7	8.830,7	22.548.077,7	761.822,0	26.121,3
2017	319,4	483,4	1.663,9	282.587,6	254,3	5.961,2	99,1	44.242,5	66.363,7	7.115,6	21.087.848,6	1.028.544,5	26.554,7
2018	266,6	501,0	1.703,0	301.759,0	239,2	6.300,5	101,1	51.156,0	76.734,0	4.258,7	21.884.986,0	937.405,3	28.605,3
2019	296,5	503,1	1.789,0	215.148,6	275,8	6.618,6	108,0	49.546,7	74.320,1	6.027,3	23.752.715,2	833.932,6	27.873,9
2020	286,8	482,6	1.784,6	283.685,7	280,0	6.839,6	111,5	37.722,6	56.584,0	7.400,4	21.087.135,9	551.940,7	18.563,8
2021	306,3	487,0	1.786,3	254.084,3	316,4	7.165,9	127,0	42.521,5	63.782,3	9.834,2	26.718.878,0	834.883,3	24.725,9
2022	330,2	544,2	1.904,5	176.667,8	351,9	8.239,7	146,2	49.106,3	73.659,5	7.763,8	28.901.271,1	934.367,6	22.263,6
2023	360,3	517,0	1.949,4	124.591,4	315,5	8.052,5	110,0	40.860,1	61.290,1	8.589,8	29.142.370,7	1.041.844,1	18.200,5
2024	363,0	688,1	2.044,1	147.708,5	274,1	7.900,0	113,3	36.658,6	54.987,9	8.100,1	30.110.670,3	996.366,8	10.886,2

4.9.2.2 Factores de emisión aplicados en la categoría

Para la estimación de las emisiones de la categoría 2.H. Otros se emplearon factores de emisión de Nivel 1 y Nivel 2 tomados de la guía EMEP/EEA (2019), específicos para cada tipo de proceso industrial (Tabla 4-109). En la subcategoría 2.H.1. Industria de pulpa y papel se utilizaron factores para estimar emisiones de COVDM, PM_{10}, $PM_{2.5}$, CN, CO, NO_x y SO_2 (Kuenen, Deslauriers, Trozzi, et al., 2019)(Kuenen, Deslauriers, Trozzi, et al., 2019)(Kuenen, Deslauriers, Trozzi, et al., 2019), mientras que para la subcategoría 2.H.2. Industria de alimentos y bebidas se emplearon factores específicos de Nivel 2 para las distintas actividades productivas consideradas, estimándose únicamente emisiones de COVDM (Kuenen, Emmott, Richardson, et al., 2019)(Kuenen, Emmott, Richardson, et al., 2019)(Kuenen, Emmott, Richardson, et al., 2019).

Tabla 4-109. Otros: factores de emisión aplicados por fuente de GEI, carbono negro y contaminantes criterio

Subcategoría	Fuente FE	Nivel (Tier)	Clasificación	Contaminante	Valor	Unidad
2.H.1. Industria de pulpa y papel	EMEP/EEA, 2019, V. 2, Ch. 2.H.1, Tabla 3.1	1	N.A.	COVDM	2,0	kg/ Mg air dried pulp
		1		PM_{10}	0,8	kg/ Mg air dried pulp
		1		$PM_{2.5}$	0,6	kg/ Mg air dried pulp
		1		CN	2,6	% $PM_{2.5}$
		1		CO	5,5	kg/ Mg air dried pulp
		1		NO_X	1,0	kg/ Mg air dried pulp
		1		SO_2	2,0	kg/ Mg air dried pulp
2.H.2. Industria de alimentos y bebidas	EMEP/EEA, 2019, V. 2, Ch. 2.H.2, Tabla 3.19	2	Carne, pescado y aves	COVDM	0,3	kg/Mg
	EMEP/EEA, 2019, V. 2, Ch. 2.H.2, Tabla 3.21	2	Margarinas y grasas sólidas para cocinar	COVDM	10,0	kg/Mg
	EMEP/EEA, 2019, V. 2, Ch. 2.H.2, Tabla 3.18	2	Tortas, bizcochos y cereales	COVDM	1,0	kg/Mg
	EMEP/EEA, 2019, V. 2, Ch. 2.H.2, Tabla 3.22	2	Comida animal	COVDM	1,0	kg/Mg
	EMEP/EEA, 2019, V. 2, Ch. 2.H.2, Tabla 3.12	2	Pan	COVDM	8,0	kg/Mg
	EMEP/EEA, 2019, V. 2, Ch. 2.H.2, Tabla 3.20	2	Azúcar	COVDM	10,0	kg/Mg
	EMEP/EEA, 2019, V. 2, Ch. 2.H.2, Tabla 3.23	2	Café tostado	COVDM	0,55	kg/Mg
	EMEP/EEA, 2019, V. 2, Ch. 2.H.2, Tabla 3.28	2	Bebidas espirituales	COVDM	15,0	kg/hl
	EMEP/EEA, 2019, V. 2, Ch. 2.H.2, Tabla 3.31	2	Brandy	COVDM	3,5	kg/hl
	EMEP/EEA, 2019, V. 2, Ch. 2.H.2, Tabla 3.30	2	Whisky	COVDM	7,5	kg/hl
	EMEP/EEA, 2019, V. 2, Ch. 2.H.2, Tabla 3.26	2	Vino blanco	COVDM	3,5E-02	kg/hl
	EMEP/EEA, 2019, V. 2, Ch. 2.H.2, Tabla 3.25	2	Vino tinto	COVDM	8,0E-02	kg/hl
	EMEP/EEA, 2019, V. 2, Ch. 2.H.2, Tabla 3.27	2	Cerveza	COVDM	3,5E-02	kg/hl

4.9.3 Descripción de flexibilidad aplicada en la categoría

No se aplicó ninguna flexibilidad.

4.9.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría

No se realiza estimación de incertidumbre de las emisiones de carbono negro y contaminantes criterio.

4.9.5 AC/CC de la categoría

Además de las actividades transversales de control y aseguramiento de la calidad aplicadas a la totalidad del inventario, para la categoría 2.H. Otros se implementaron los siguientes procedimientos específicos:

- Se verificó la integridad y consistencia de las bases de datos B0, B2, F2 y SectorCal correspondientes a las subcategorías estimadas de la categoría 2.H, garantizando que los datos de actividad, factores de emisión y demás parámetros utilizados en los cálculos fueran consistentes con la estructura estandarizada del inventario y estuvieran debidamente documentados.
- Se compararon las emisiones estimadas con las reportadas en el ciclo anterior del inventario, tanto a nivel de subcategoría como de serie temporal, con el fin de identificar variaciones significativas y verificar que estas respondieran a actualizaciones de los datos de actividad, la ampliación de la serie temporal o ajustes derivados del procesamiento de la información.
- Se verificó la consistencia de los datos de actividad empleados para las subcategorías 2.H.1. Industria de pulpa y papel y 2.H.2. Industria de alimentos y bebidas, revisando el procesamiento de la información proveniente de la Encuesta Anual Manufacturera (EAM) del DANE, la correcta agrupación de los productos considerados en cada categoría, las conversiones de unidades aplicadas y la coherencia de las tendencias observadas frente a las fuentes oficiales de información.
- Los resultados obtenidos para la categoría fueron revisados y socializados con las entidades proveedoras de información y los actores técnicos correspondientes, con el propósito de validar la coherencia de las estimaciones, fortalecer la transparencia del proceso e identificar oportunidades de mejora para futuros ciclos del inventario.

4.9.6 Nuevos cálculos de la categoría

Aunque la categoría 2.H. Otros no cuenta con tabla de recálculos de GEI, debido a que en esta categoría únicamente se estimaron emisiones de carbono negro y contaminantes criterio, sí se realizaron ajustes en la serie temporal respecto al BTR1. En primer lugar, se completó la serie histórica para el periodo 1990-2009, ya que en el reporte anterior las estimaciones se encontraban disponibles únicamente desde 2010. Adicionalmente, se ajustaron algunos valores asociados al procesamiento de datos de actividad de productos cárnicos. Asimismo, se unificó la lista de productos considerada en la categoría y se ajustaron los datos de entrada, con el fin de presentar las estimaciones de manera agregada por grupos de productos y garantizar la consistencia de la serie temporal.

4.9.7 Mejoras planeadas de la categoría

Durante el presente ciclo de elaboración del inventario no se identificaron actividades de mejora prioritarias para la categoría 2.H. Otros, dado que la metodología, las fuentes de información y los procedimientos de estimación se consideran adecuados para las circunstancias nacionales y no se evidenciaron limitaciones que afectaran de manera significativa la calidad de las estimaciones. No obstante, en el marco de la mejora continua del inventario, se continuará realizando seguimiento a la disponibilidad de nueva información y a posibles actualizaciones metodológicas que contribuyan al fortalecimiento de esta categoría en futuros ciclos de reporte.

5 AGRICULTURA (CRT 3)

AUTORES

Daniela Maria Bernal Escobar (Ideam - Fundación Natura – PNUD), Héctor William Moreno Quitían (Ideam), Karen Ballesteros González (Ideam - Fundación Natura – PNUD), Manuel Camilo Valencia Molina (Ideam - Fundación Natura – PNUD), Sergio Andrés Garces Jimenez (Ideam - Fundación Natura – PNUD)

AGRADECIMIENTOS

Federación Colombiana de Ganaderos: Manuel Gómez Vivas. **Federación Nacional de Arroceros:** José Levis Barón Valbuena. **Federación Nacional de Avicultores de Colombia**: Carlos Duque González, Stefanía Escobar Pineda. **Instituto Colombiano Agropecuario:** Luz Yenifer Vizcaino Morales, Juan Fernando Roa Ortiz, Paula Andrea Cepeda Rodríguez, Francy Paola Monroy Álvarez. **Instituto Geográfico Agustín Codazzi:** Napoleon Ordoñez Delgado, Gustavo Adolfo Marulanda Morales. **Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural:** Nelson Lozano. **Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura**: David Alejandro Buitrago Mesa. **Unidad de Planificación Rural Agropecuaria:** Juan Pablo Sandoval Castaño, Claudia Liliana Cortés López, Lucia Mahecha Silva, Luis Eduardo Díaz Flórez, Luz Mery Gómez Contreras.

5.1 Panorama general del sector

5.1.1 Descripción del sector

En este inventario, Colombia reporta emisiones asociadas al sector Agricultura de tres gases efecto invernadero: metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O) y dióxido de carbono (CO_2), y ocho contaminantes atmosféricos adicionales: óxidos de nitrógeno (NOx), amoniaco (NH_3), monóxido de carbono (CO), compuestos orgánicos volátiles diferentes al metano (COVDM), dióxido de azufre (SO_2), material particulado menor a 10 micras (PM_{10}), material particulado menor a 2,5 micras ($PM_{2.5}$) y carbono negro (CN).

Estas emisiones se clasifican en siete categorías principales (Figura 5-1): Fermentación entérica (3.A.), que abarca las emisiones generadas durante los procesos digestivos del ganado (bovinos, ovinos, porcinos, búfalos, caprinos, equinos y asnos); Gestión del estiércol (3.B.), relacionada con el manejo de las excretas de dichos animales y de las aves de corral; Cultivo de arroz (3.C.); Suelos agrícolas (3.D.); Quema de residuos agrícolas (3.F.); Encalado (3.G.) y Aplicación de urea (3.H.).

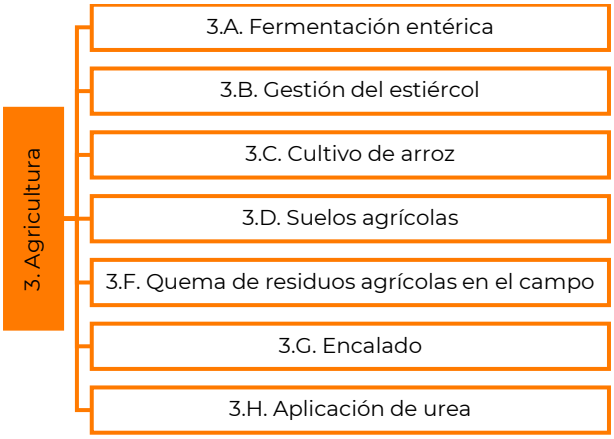


Figura 5-1. Sector Agricultura: Categorías estimadas en el sector Agricultura

Fuente: Elaboración propia.

El sector agropecuario es una de las principales ramas de la economía del país. Según el *DANE - Cuentas Nacionales (2026)* , el valor agregado de la agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca durante 2024 creció un 6,1 % en comparación con 2023, impulsado por la recuperación de mercados, la mayor rentabilidad del sector y buen desempeño de cultivos transitorios. Por su parte, la ganadería bovina es la actividad económica con mayor presencia en las zonas rurales colombianas. Durante 2024, se registró un inventario de 29.6 millones de cabezas de ganado bovino (*Instituto Colombiano Agropecuario - ICA*, 2026), manteniendo una tendencia creciente. Esta actividad no solo dinamiza el empleo rural y promueve la inclusión de pequeños productores, sino que responde a la creciente demanda de alimentos derivada del aumento demográfico. Por consiguiente, las subcategorías asociadas a la producción pecuaria (Fermentación entéricas (3.A.) y gestión de estiércol (3.B.)) representan conjuntamente el 90,6 % de las emisiones del sector.

Dentro del sector agricultura, 3.A.1.a.iv.3. Vacas para producción de carne; 3.A.1.a.iv.2. Vacas de baja producción; 3.A.1.a.iv.7. Ganado de engorde; 3.A.1.a.iv.6. Novillas de reemplazo; 3.D.1.a. Fertilizantes N inorgánicos; 3.A.1.a.iv.5. Terneros pre-destetos; 3.A.1.a.iv.1. Vacas de alta Producción; 3.A.1.a.iv.4. Toros utilizados con fines reproductivos; 3.A.4.a. Búfalos, entre otras constituyen categorías clave de acuerdo con los métodos 1 y 2, tanto en la evaluación de nivel como de tendencia establecidos en las Directrices del IPCC 2019.

Además, las emisiones derivadas de la quema prescrita de sabanas (3.E.) no se reportan aquí, debido a que se estiman en el sector de silvicultura, uso y cambio de uso de la tierra (LULUCF), específicamente en la categoría de quema de biomasa (4.IV) para tierras forestales y pastizales. Por otra parte, no se cuantificaron otros fertilizantes que contienen carbono (3.I.) ante la ausencia de datos de actividad suficientes y robustos. Asimismo, se excluyeron especies como conejos, ciervos y avestruces por su presencia marginal en el país. Tampoco ocurren en el territorio nacional las categorías 3.C.3 (Aguas profundas), otros (3.C.4.) y 3.J (Otros), ni las subcategorías de Camellos (3.A.4.b.-3.B.4.b.), Renos (3.A.4.h.ii.-3.B.4.h.ii.), Animales de piel (3.A.4.h.iv.-3.B.4.h.iv.) y Otros (3.A.4.h.v.-3.B.4.h.v.).

En la categoría 3.G (Encalado) se reportan únicamente las emisiones por aplicación de cal dolomita, dada su amplia utilización nacional como enmienda para neutralizar la acidez del suelo; se requiere profundizar en la investigación sobre el empleo de piedra caliza para su futura inclusión.

Un aspecto relevante es que las categorías 3.D.1 y 3.D.2 estiman de forma complementaria el N_2O directo e indirecto asociado a la orina y el estiércol del ganado bovino (3.B.1 y 3.B.5) —particularmente de vacas de producción de carne, toros reproductores, terneros pre-destetos, novillas de reemplazo y ganado de engorde—, puesto que el 100 % de estas excretas permanecen en pastizales.

Para la estimación de contaminantes atmosféricos, se consideró la serie temporal comprendida entre 1990 y 2024. Se cuantificaron las emisiones de NOx, NH_3, COVDM, PM_{10} y $PM_{2.5}$ en las categorías Gestión del estiércol (3.B.), Suelos agrícolas (3.D.) y Quema de residuos agrícolas en el campo (3.F.). Adicionalmente, para esta última categoría se estimaron las emisiones de CN, CO y SO_2.

Finalmente, las emisiones de N_2O por Mineralización/inmovilización asociada a la pérdida/ganancia de materia orgánica del suelo (3.D.1.e.) se estiman exclusivamente en tierras forestales, al igual que las del Cultivo de suelos orgánicos (Histosoles) (3.D.1.f). Aunque el país reconoce que estas últimas no deberían asignarse al sector agricultura, no ha sido posible efectuar su reubicación. La reubicación de estas emisiones requiere ajustes metodológicos y operativos entre los sectores Agricultura y LULUCF, proceso que se ha priorizado como mejora para los próximos ciclos de reporte.

5.1.2 Tendencia de las emisiones y absorciones atmosféricas del sector

Durante 2024 (Tabla 5-1), el sector aportó 21 % de las emisiones netas del país (276.732,8 kt CO_2eq), y se ubica como el tercer sector con mayor aporte a las emisiones, después de LULUCF y Energía, que contribuyeron con el 34,49 % y el 32,71 %, respectivamente.

La Tabla 5-1 presenta la compilación de las emisiones estimadas por subcategoría del inventario para el año 2024. En dicho año, las emisiones totales de gases de efecto invernadero (GEI) asociadas al sector agricultura ascendieron a 58.033,4 kt CO_2eq. El CH_4 fue el GEI más relevante, al representar el 86,5 % de las emisiones totales del sector, equivalente a 50.217,9 kt CO_2eq. Seguido del N_2O con el 12,7 % (7.346,9 kt CO_2eq) y el CO_2 con el 0,8 % (468,5 kt CO_2eq).

Tabla 5-1. Sector Agricultura: Emisiones por contaminantes, categoría y subcategoría (kt) para 2024

Código	Categorías de fuente de GEI	CO_2 (kt)	CH_4 (kt)	N_2O (kt)	CN (kt)	PM_{10} (kt)	$PM_{2.5}$ (kt)	CO (kt)	COVDM (kt)	NO_x (kt)	NH_3 (kt)	SO_2 (kt)	Emisiones netas (kt CO_2eq)
3.	Agricultura	468,52	1.793,50	27,72	1,10	26,30	12,78	146,51	37,57	31,41	101,59	1,10	58.033,37
3.A.	Fermentación entérica	NA	1.683,26	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	47.131,29
3.A.1.	Bovino	NA	1.598,46	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	44.756,98
3.A.1.a.	Otro	NA	1.598,46	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	44.756,98
3.A.1.a.iv.	Otros	NA	1.598,46	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	44.756,98
3.A.1.a.iv.1.	Vacas de alta Producción	NA	78,18	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	2.189,01
3.A.1.a.iv.2.	Vacas de baja producción	NA	273,30	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	7.652,36
3.A.1.a.iv.3.	Vacas para producción de carne	NA	354,98	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	9.939,44
3.A.1.a.iv.4.	Toros utilizados con fines reproductivos	NA	53,68	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1.503,08
3.A.1.a.iv.5.	Terneros pre-destetos	NA	106,54	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	2.983,15
3.A.1.a.iv.6.	Novillas de reemplazo	NA	380,89	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	10.664,97
3.A.1.a.iv.7.	Ganado de engorde	NA	350,89	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	9.824,95
3.A.2.	Ovinos	NA	8,96	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	250,91
3.A.2.a.	Otro	NA	8,96	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	250,91
3.A.2.a.i.	Ovinos	NA	8,96	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	250,91
3.A.3.	Porciones	NA	8,01	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	224,26
3.A.3.a.	Otro	NA	8,01	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	224,26
3.A.3.a.i.	Porcinos < 6 meses	NA	6,06	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	169,54
3.A.3.a.ii.	Porcinos > 6 meses	NA	1,02	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	28,62
3.A.3.a.iii.	Porcinos baja productividad	NA	0,93	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	26,09
3.A.4.	Otro ganado	NA	67,83	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1.899,14
3.A.4.a.	Búfalos	NA	38,31	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1.072,66
3.A.4.b.	Camellos		NO										NO
3.A.4.c.	Ciervos		NE										NE
3.A.4.d.	Caprinos	NA	5,74	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	160,75
3.A.4.e.	Caballos	NA	20,14	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	564,04
3.A.4.f.	Mulas y asnos	NA	3,63	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	101,68
3.A.4.h.	Otros	NA	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE

Código	Categorías de fuente de GEI	CO_2 (kt)	CH_4 (kt)	N_2O (kt)	CN (kt)	PM_{10} (kt)	$PM_{2.5}$ (kt)	CO (kt)	COVDM (kt)	NO_x (kt)	NH_3 (kt)	SO_2 (kt)	Emisiones netas (kt CO_2eq)
3.A.4.h.v.	Otros	NA	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE
3.A.4.h.v.1.	Ponedoras	NA	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE
3.A.4.h.v.2.	Pollo de engorde	NA	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE
3.B.	Gestión del estiércol	NA	82,29	4,85	NA	6,07	0,62	NA	32,22	4,12	96,32	NA	3.588,31
3.B.1.	Bovinos	NA	22,62	0,28	NA	0,17	0,11	NA	2,14	0,15	4,67	NA	707,80
3.B.1.a.	Otro	NA	22,62	0,28	NA	0,17	0,11	NA	2,14	0,15	4,67	NA	707,80
3.B.1.a.iv.	Otros	NA	22,62	0,28	NA	0,17	0,11	NA	2,14	0,15	4,67	NA	707,80
3.B.1.a.iv.1.	Vacas de alta Producción	NA	8,26	NE	NA	0,04	0,03	NA	0,53	$6,63E^{-4}$	1,46	NA	231,28
3.B.1.a.iv.2.	Vacas de baja producción	NA	2,86	0,28	NA	0,13	0,08	NA	1,61	0,15	3,21	NA	154,50
3.B.1.a.iv.3.	Vacas para producción de carne	NA	3,51	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	98,22
3.B.1.a.iv.4.	Toros utilizados con fines reproductivos	NA	0,54	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	15,06
3.B.1.a.iv.5.	Terneros pre-destetos	NA	1,21	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	33,98
3.B.1.a.iv.6.	Novillas de reemplazo	NA	3,34	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	93,56
3.B.1.a.iv.7.	Ganado de engorde	NA	2,90	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	81,19
3.B.2.	Ovinos	NA	0,12	0,05	NA	0,03	0,01	NA	0,09	0,01	0,75	NA	15,98
3.B.2.a.	Otro	NA	0,12	0,05	NA	0,03	0,01	NA	0,09	0,01	0,75	NA	15,98
3.B.2.a.i.	Ovinos	NA	0,12	0,05	NA	0,03	0,01	NA	0,09	0,01	0,75	NA	15,98
3.B.3.	Porcinos	NA	42,10	0,90	NA	1,27	0,05	NA	7,20	0,29	65,12	NA	1.416,93
3.B.3.a.	Otro	NA	42,10	0,90	NA	1,27	0,05	NA	7,20	0,29	65,12	NA	1.416,93
3.B.3.a.i.	Porcinos < 6 meses	NA	25,51	0,50	NA	1,00	0,04	NA	4,45	0,08	56,87	NA	847,16
3.B.3.a.ii.	Porcinos > 6 meses	NA	6,64	0,14	NA	0,12	0,01	NA	1,16	0,08	8,25	NA	222,38
3.B.3.a.iii.	Porcinos baja productividad	NA	9,95	0,26	NA	0,16	0,01	NA	1,59	0,13	-	NA	347,38
3.B.4.	Otro ganado	NA	17,45	1,90	NA	4,59	0,45	NA	22,79	3,67	25,78	NA	993,17
3.B.4.a.	Búfalos	NA	0,87	0,06	NA	0,02	0,01	NA	0,12	$2,34E^{-3}$	0,12	NA	39,02
3.B.4.d.	Caprinos	NA	0,10	0,03	NA	0,02	0,01	NA	0,19	$4,13E^{-3}$	0,14	NA	11,53
3.B.4.e.	Caballos	NA	2,12	0,27	NA	0,05	0,03	NA	1,01	0,06	1,66	NA	129,90
3.B.4.f.	Mulas y Asnos	NA	0,40	0,02	NA	0,01	$3,63E^{-3}$	NA	0,05	0,01	0,25	NA	16,70
3.B.4.h.	Otro	NA	13,97	1,53	NA	4,50	0,39	NA	21,42	3,60	23,61	NA	796,02

Código	Categorías de fuente de GEI	CO_2 (kt)	CH_4 (kt)	N_2O (kt)	CN (kt)	PM_{10} (kt)	$PM_{2.5}$ (kt)	CO (kt)	COVDM (kt)	NO_x (kt)	NH_3 (kt)	SO_2 (kt)	Emisiones netas (kt CO_2eq)
3.B.4.h.v.	Otro	NA	13,97	1,53	NA	4,50	0,39	NA	21,42	3,60	23,61	NA	796,02
3.B.4.h.v.1.	Ponedoras	NA	4,31	0,59	NA	2,25	0,17	NA	9,28	0,56	9,00	NA	277,61
3.B.4.h.v.2.	Pollos de engorde	NA	9,66	0,94	NA	2,25	0,22	NA	12,14	3,03	14,61	NA	518,41
3.B.5.	Emisiones indirectas de N_2O de gestión de estiércol	NA	NA	1,71	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	454,42
3.B.5.a.	Bovinos	NA	NA	0,09	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	22,70
3.B.5.a.i.	Vacas de Alta Producción	NA	NA	0,03	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	7,31
3.B.5.a.ii.	Vacas de Baja Producción	NA	NA	0,06	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	15,39
3.B.5.a.iii.	Vacas para producción de carne	NA	NA	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE
3.B.5.a.iv.	Toros utilizados con fines reproductivos	NA	NA	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE
3.B.5.a.v.	Terneros pre-destetos	NA	NA	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE
3.B.5.a.vi.	Novillas de reemplazo	NA	NA	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE
3.B.5.a.vii.	Ganado de engorde	NA	NA	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE
3.B.5.b.	Ovinos	NA	NA	0,01	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1,87
3.B.5.c.	Porcinos	NA	NA	0,71	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	189,17
3.B.5.c.i.	Porcinos < 6 meses	NA	NA	0,43	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	113,56
3.B.5.c.ii.	Porcinos > 6 meses	NA	NA	0,12	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	31,13
3.B.5.c.iii.	Porcinos baja productividad	NA	NA	0,17	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	44,47
3.B.5.d.	Otro Ganado	NA	NA	0,91	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	240,68
3.B.5.d.i.	Búfalos	NA	NA	0,01	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	3,09
3.B.5.d.ii.	Caprinos	NA	NA	$3,41E^{-3}$	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,90
3.B.5.d.iii.	Caballos	NA	NA	0,03	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	9,03
3.B.5.d.iv.	Mulas y asnos	NA	NA	$3,5E^{-3}$	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,93
3.B.5.d.v.	Aves de corral	NA	NA	0,86	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	226,73
3.C.	Cultivo de arroz	NA	22,01	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	616,40
3.C.1.	Arroz riego	NA	20,04	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	561,16
3.C.1.a.	Continuamente inundado	NA	4,95	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	138,57

Código	Categorías de fuente de GEI	CO_2 (kt)	CH_4 (kt)	N_2O (kt)	CN (kt)	PM_{10} (kt)	$PM_{2.5}$ (kt)	CO (kt)	COVDM (kt)	NO_x (kt)	NH_3 (kt)	SO_2 (kt)	Emisiones netas (kt CO_2eq)
3.C.1.b.	Inundado intermitentemente	NA	15,09	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	422,59
3.C.1.b.i.	Aireación simple	NA	9,35	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	261,86
3.C.1.b.ii.	Aireación múltiple	NA	5,74	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	160,73
3.C.2.	Arroz secano	NA	1,97	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	55,24
3.C.2.b.	Propenso a la sequía	NA	1,97	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	55,24
3.D.	Suelos agrícolas	NA	NA	22,72	NA	7,72	0,30	NA	4,25	22,24	NA	NA	6.022,05
3.D.1	Emisiones directas de N_2O de suelos gestionados	NA	NA	18,31	NA	7,72	0,30	NA	4,25	22,24	NA	NA	4.853,42
3.D.1.a.	Fertilizantes N inorgánicos	NA	NA	12,15	NA	NA	NA	NA	NA	20,39	NA	NA	3.218,79
3.D.1.b.	Fertilizantes orgánicos N	NA	NA	0,28	NA	NA	NA	NA	NA	1,85	NA	NA	73,52
3.D.1.b.i.	Estiércol animal aplicado a los suelos	NA	NA	0,28	NA	NA	NA	NA	NA	1,85	NA	NA	73,52
3.D.1.c.	Orina y estiércol depositado por animales en pastoreo	NA	NA	1,07	NA	NA	NA	NA	NA	-	NA	NA	282,63
3.D.1.d.	Residuos de cosecha	NA	NA	0,36	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	94,18
3.D.1.e.	Mineralización/inmovilización asociada a pérdida/ganancia de materia orgánica del suelo	NA	NA	1,64	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	435,53
3.D.1.f.	Cultivo de suelos orgánicos (Histosoles)	NA	NA	2,83	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	748,78
3.D.1.g.	Otro	NO	NO	NO	NO	7,72	0,30	NO	4,25	NO	NO	NO	NO
3.D.1.g.i.	Operaciones agrícolas	NO	NO	NO	NO	7,72	0,30	NO	NO	NO	NO	NO	NO
3.D.1.g.ii.	Cultivos en pie	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	4,25	NO	NO	NO	NO
3.D.2.	Emisiones indirectas de N_2O de suelos gestionados	NA	NA	4,41	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1.168,62
3.D.2.a.	Deposición atmosférica	NA	NA	1,36	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	361,59
3.D.2.a.i.	Deposición atmosférica - Fertilizantes N inorgánicos	NA	NA	1,23	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	325,57
3.D.2.a.ii.	Deposición atmosférica - Fertilizantes N orgánicos	NA	NA	0,14	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	36,02
3.D.2.a.iii.	Deposición atmosférica - Orina y estiércol de animales en pastoreo	NA	NA	$1,88E^{-6}$	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	$1,88E^{-6}$
3.D.2.b.	Lixiviación y escorrentía de nitrógeno	NA	NA	3,05	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	807,03
3.D.2.b.i.	Lixiviación y escorrentía Fertilizantes N inorgánicos	NA	NA	2,11	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	560,45
3.D.2.b.ii.	Lixiviación y escorrentía Fertilizantes N orgánicos	NA	NA	0,12	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	32,35
3.D.2.b.iii.	Lixiviación y escorrentía Residuos de cosecha	NA	NA	0,09	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	22,60
3.D.2.b.iv.	Lixiviación y escorrentía Mineralización/inmovilización	NA	NA	0,72	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	191,63

Código	Categorías de fuente de GEI	CO_2 (kt)	CH_4 (kt)	N_2O (kt)	CN (kt)	PM_{10} (kt)	$PM_{2.5}$ (kt)	CO (kt)	COVDM (kt)	NO_x (kt)	NH_3 (kt)	SO_2 (kt)	Emisiones netas (kt CO_2eq)
	asociada a pérdida/ganancia de materia orgánica del suelo												
3.D.2.b.v.	Lixiviación y escorrentía - Orina y estiércol de animales en pastoreo	NA	NA	$1{,}69E^{-6}$	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	$5E^{-4}$
3.F.	Quema de residuos agrícolas en el campo	NA	5,93	0,15	1,10	12,52	11,86	146,51	1,10	5,05	5,27	1,10	206,81
3.F.1.	Cereales	NA	0,60	0,02	0,11	1,27	1,21	14,91	0,11	0,51	0,54	0,11	21,04
3.F.1.c.	Maíz	NA	0,12	0,00	0,02	0,25	0,24	2,97	0,02	0,10	0,11	0,02	4,19
3.F.1.d.	Otros	NA	0,48	0,01	0,09	1,02	0,97	11,94	0,09	0,41	0,43	0,09	16,85
3.F.1.d.i	Arroz	NA	0,48	0,01	0,09	1,02	0,97	11,94	0,09	0,41	0,43	0,09	16,85
3.F.4.	Caña de azúcar	NA	5,20	0,13	0,96	10,98	10,40	128,49	0,96	4,43	4,62	0,96	181,37
3.F.5.	Otros	NA	0,13	$3{,}26E^{-3}$	0,02	0,27	0,25	3,11	0,02	0,11	0,11	0,02	4,39
3.G.	Encalado	62,84	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	62,84
3.G.2.	Dolomita $CaMg(CO_3)_2$	62,84	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	62,84
3.H.	Aplicación de urea	405,68	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	405,68

La fermentación entérica (3.A.) constituyó la principal fuente de emisiones del sector, con una contribución del 81,2 % (47.131,3 kt CO_2eq). Le siguieron los suelos agrícolas (3.D.), que aportaron el 10,4 % (6.022,0 kt CO_2eq), y la gestión del estiércol (3.B.), responsable del 6,2 % (3.588,3 kt CO_2eq). Por su parte, las categorías cultivos de arroz (3.C.), aplicación de urea (3.H.), quema de residuos agrícolas en el campo (3.F.) y encalado (3.G.) contribuyeron con el 1,1 %, 0,7 %, 0,4 % y 0,1 % de las emisiones sectoriales, respectivamente (Figura 5-2).

Las emisiones asociadas a la agricultura (Tabla 5-2) pasaron de 40.175,9 kt CO_2eq en 1990 a 58 033,4 kt CO_2eq en 2024, lo cual representa un incremento del 44,4 %. Al comparar la emisión del sector correspondiente al último año reportado en el anterior BTR (57.957,8 kt CO_2eq) con la de 2024 (58 033.4 kt CO_2eq), se observa un incremento aproximado del 0.13 %. A lo largo del período analizado, el promedio anual de emisiones fue de 45 649.6 kt CO_2eq con una tasa media de crecimiento anual del 1.1 %. Sin embargo, la tasa de crecimiento interanual durante 2017 y 2018 presentó variaciones del 5.9 % y 8.4 %, respectivamente. Dado que la fermentación entérica representa ~80% de las emisiones, este comportamiento atípico en la tasa de emisión coincidió con un incremento del 12.5 % en la población bovina del país, el cual superó a la tasa media de crecimiento poblacional del 1.3 % registrada durante el periodo observado (*Instituto Colombiano Agropecuario - ICA*, 2026). La serie temporal evidencia una tendencia creciente, impulsada principalmente por las emisiones derivadas de la fermentación entérica (3.A.) y por las emisiones directas e indirectas de N_2O provenientes de los suelos agrícolas (3.D.).

Tabla 5-2. Sector agricultura: Emisiones totales de GEI por categoría y subcategoría (kt CO_2eq)

Categoría	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
3.A. Fermentación entérica	33.370,0	35.020,9	33.441,7	34.999,3	35.785,2	36.139,9	44.901,9	44.582,8	46.502,4	47.049,6	47.131,3
3.B. Gestión del estiércol	1.820,5	2.011,2	1.815,2	1.992,3	2.285,9	2.496,7	3.382,3	3.052	3.459,9	3.463,2	3.588,3
3.C. Cultivo de arroz	553,5	432,1	502,2	484,4	627,3	590,1	697,9	624,3	621,7	630,4	616,4
3.D. Suelos agrícolas	3.978,7	3.553,4	4.571,7	4.969,8	5.653,6	6.032,5	6.590,7	6.248,8	5.509,7	5.366,2	6.022,1
3.F. Quema de residuos agrícolas en el campo	146,6	161,5	175,4	181,9	168,4	168,7	208,4	198,9	202,5	204,3	206,8
3.G. Encalado	2,3	2,4	1,4	13,3	23,8	39,5	50,3	60,9	60,3	61,7	62,8
3.H. Aplicación de urea	304,2	231,1	264	278,7	274,3	428,1	355,5	395,6	252,6	329,1	405,7
3.A. Agricultura	**40.175,9**	**41.412,8**	**40.771,6**	**42.919,9**	**44.818,5**	**45.895,5**	**56.187,1**	**55.163,3**	**56.609,1**	**57.104,5**	**58.033,4**

Fuente: Elaboración propia

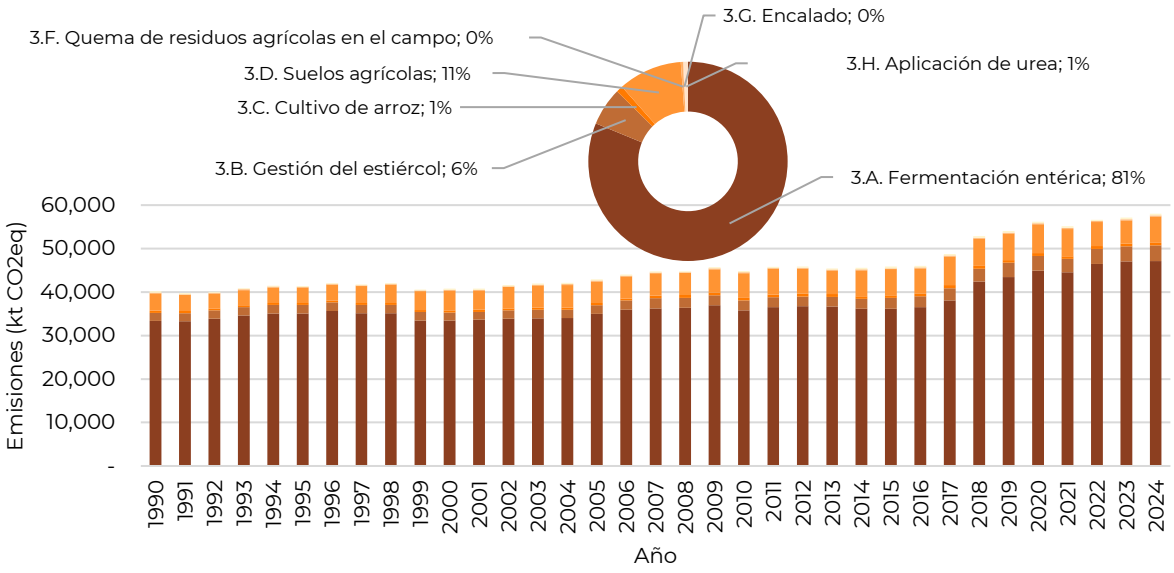


Figura 5-2. Sector Agricultura: Emisión de GEI por categoría (kt CO_2eq), 1990-2024 (barras) y aporte porcentual durante 2024 (anillo).

Fuente: Elaboración propia.

Respecto a la influencia de cada GEI en la tendencia (Tabla 5-3; Figura 5-3), el CH_4 desempeña un papel significativo en el sector al contribuir con un promedio anual de 86,4 %, promovida principalmente por la fermentación entérica proveniente de la producción bovina. Así mismo el N_2O aporta el 12,9 % provocado principalmente, por el uso de fertilizantes nitrogenados en las actividades agrícolas y por la deposición directa e indirecta de la orina y el estiércol de animales en pastoreo. Finalmente, el CO_2 es el gas que en menor proporción participa en las emisiones, este representa un promedio anual de 0,7 % derivado de la aplicación de urea y cal dolomita en cultivos agrícolas

Tabla 5-3. Sector Agricultura: Emisiones por cada GEI (kt CO_2eq)

GEI	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
CO_2	306,5	233,6	265,4	292	298,1	467,6	405,8	456,4	312,9	390,8	468,5
CH_4	35.237,9	36.872,2	35.215,3	36.854,8	37.964,2	38.439,1	47.917,4	47.305,7	49.509,6	50.066,8	50.217,9
N_2O	4.631,5	4.307,0	5.290,9	5.773,1	6.556,2	6.988,8	7.863,9	7.401,1	6.786,7	6.646,9	7.346,9
Total	**40.175,9**	**41.412,8**	**40.771,6**	**42.919,9**	**44.818,5**	**45.895,5**	**56.187,1**	**55.163,3**	**56.609,1**	**57.104,5**	**58.033,4**

Fuente: Elaboración propia.

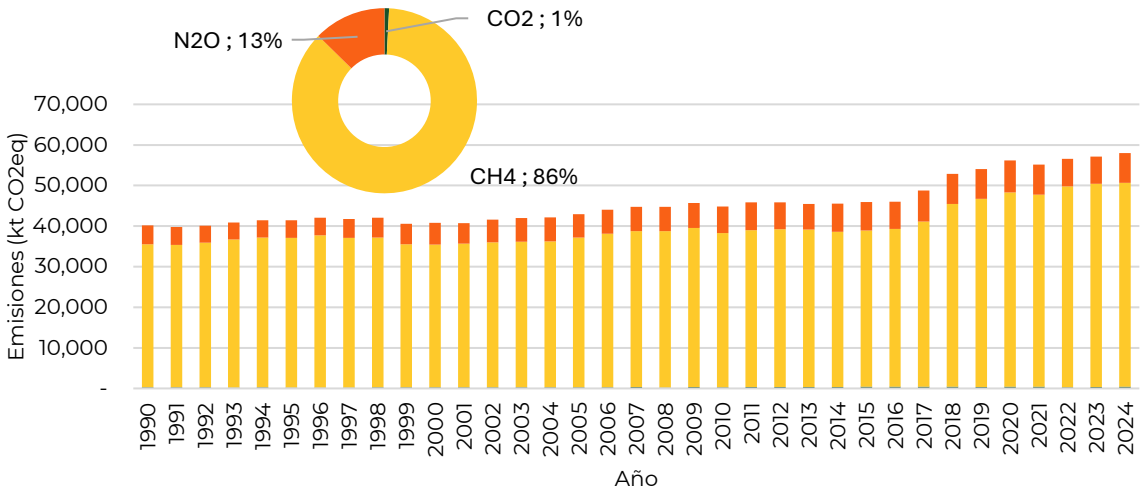


Figura 5-3. Sector Agricultura: Emisión por cada GEI (kt CO_2eq), periodo 1990-2024 (barras) y aporte porcentual durante 2024 (anillo).

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a los contaminantes atmosféricos (Tabla 5-4), la quema de residuos agrícolas en el campo (3.F.) fue la principal fuente de material particulado (PM_{10}, $PM_{2.5}$ y CN), precursores de ozono troposférico (CO y COVDM) y óxidos de azufre (SO_2), con contribuciones del 63,4 %, 80,2 % y 100 % de las emisiones sectoriales correspondientes, respectivamente. Por otro lado, la gestión del estiércol (3.B.) constituyó la principal fuente de compuestos nitrogenados (NOx y NH_3), al aportar el 75,5 % de las emisiones de estos contaminantes (Figura 5-4).

Tabla 5-4. Sector Agricultura: Emisiones de CN+CC (kt)

Contaminante	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
NO_x	127,97	83,82	103,13	111,35	126,52	144,21	170,43	156,08	139,56	145,06	162,57
NH_3	263,46	277,55	243,45	209,40	273,08	298,47	381,05	404,46	577,91	581,33	626,10
CO	434,16	472,81	515,46	534,26	495,37	498,07	618,99	590,25	599,91	605,27	612,89
COVDM	103,17	119,16	118,17	138,62	160,99	182,01	224,96	215,03	234,82	236,81	245,61
SO_2	3,25	3,54	3,86	4,00	3,71	3,73	4,64	4,42	4,50	4,54	4,59
CN	3,25	3,54	3,86	4,00	3,71	3,73	4,64	4,42	4,50	4,54	4,59

PM_{10}	94,17	95,76	94,84	102,91	106,00	113,34	133,46	129,67	134,64	136,44	139,64
$PM_{2.5}$	38,60	41,90	45,21	47,16	44,41	44,96	55,62	53,27	54,32	54,83	55,58

Fuente: Elaboración propia.

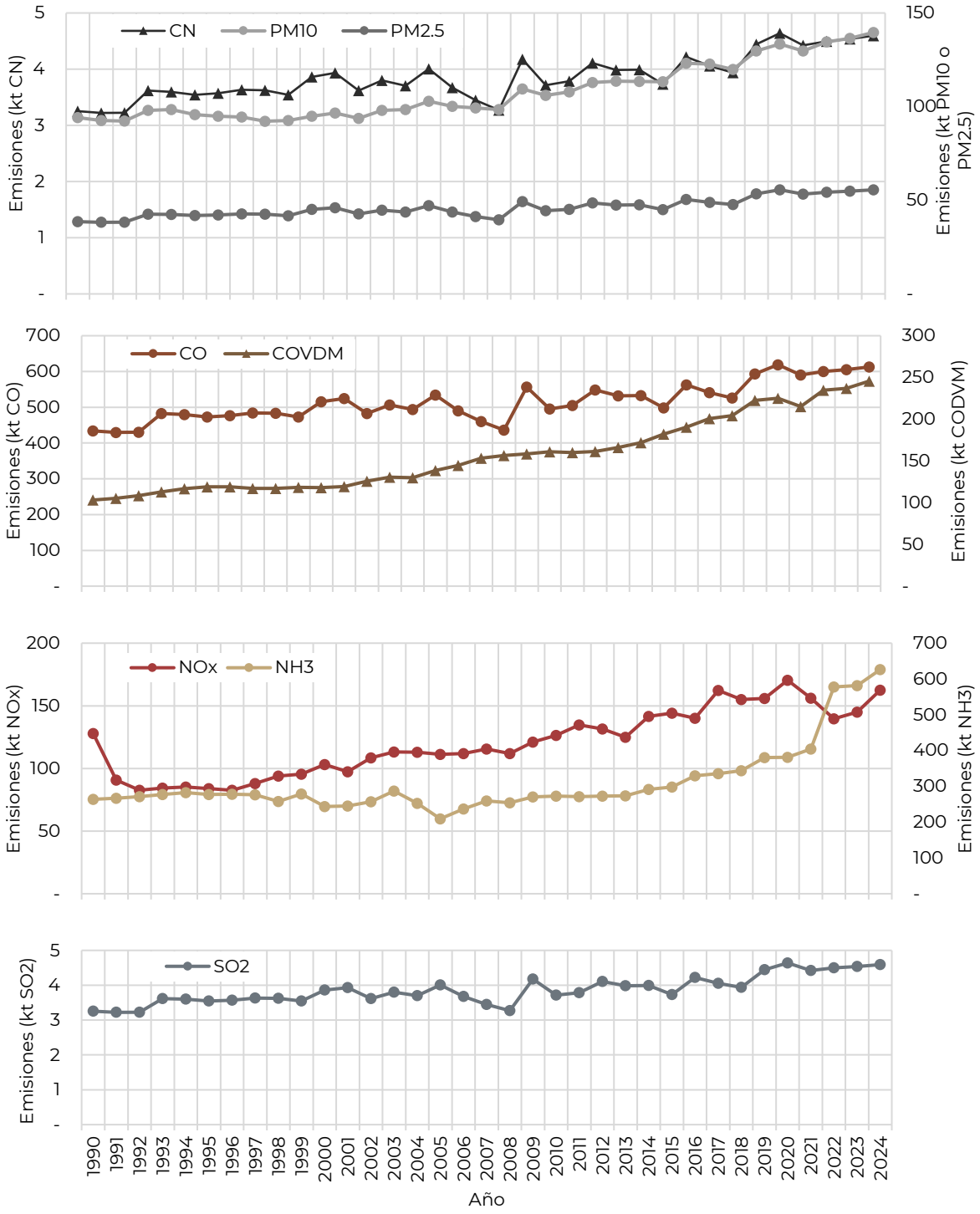


Figura 5-4. Sector Agricultura: Emisión totales de CN+CC (kt), 1990-2024.

Fuente: Elaboración propia.

5.1.3 Aspectos metodológicos generales del sector

Dentro de este sector, las emisiones derivadas de la quema prescrita de sabanas (3.E) no se reportan debido a que se estiman y declaran en el sector de Silvicultura, Uso de la Tierra y Cambio de Uso de la Tierra (LULUCF), específicamente en la categoría de quema de biomasa (4.IV) para tierras forestales y pastizales. Por otra parte, la falta de datos de actividad suficientes y robustos impidió la cuantificación de otros fertilizantes que contienen carbono (3.I), así como de otros fertilizantes orgánicos aplicados a los suelos (subcategoría 3.D.1.b.iii). Asimismo, no se estimaron las poblaciones de conejos, ciervos y avestruces por considerarse marginales en el país. Se identificó, además, que no ocurren en el territorio nacional las categorías 3.C.3 (Aguas profundas), 3.C.4 (Otros), 3.J (Otros), ni las subcategorías de camellos (3.A.4.b - 3.B.4.b), renos (3.A.4.h.ii - 3.B.4.h.ii), animales de piel (3.A.4.h.iv - 3.B.4.h.iv) y otros (3.A.4.h.v - 3.B.4.h.v).

En la categoría 3.G (Encalado), se reportan únicamente las emisiones por aplicación de cal dolomita, dada su amplia utilización nacional como enmienda para neutralizar la acidez del suelo; la inclusión de piedra caliza constituye una mejora identificada para futuros ciclos de reporte. Cabe destacar que las categorías 3.D.1 y 3.D.2 integran la estimación del N_2O directo e indirecto asociado a la orina y el estiércol del ganado bovino (3.B.1 y 3.B.5) — Específicamente para las categorías de vacas de carne, toros reproductores, terneros pre-destete, novillas de reemplazo y ganado de engorde, se asume que el 100 % de las excretas se deposita directamente en pastizales. En el caso de las vacas de alta producción y de baja producción, los porcentajes de deposición directa en pastizales corresponden al 93 % y 95 %, respectivamente (subcategorías 3.D.1.c, 3.D.2.a.iii y 3.D.2.b.v).

Finalmente, las emisiones de N_2O por mineralización/inmovilización asociada a la pérdida/ganancia de materia orgánica del suelo (3.D.1.e) se estiman exclusivamente en tierras forestales. En esta misma línea, se reportan las emisiones de N_2O por el cultivo de suelos orgánicos (Histosoles) en tierras forestales (3.D.1.f). Si bien el país reconoce que estas últimas deberían asignarse fuera del sector Agricultura, la actual separación operativa entre los equipos de Agricultura y LULUCF (dentro del sector AFOLU) impidió su reubicación oportuna. Este aspecto se ha priorizado como una mejora para los próximos ciclos de reporte, orientada a ajustar la contabilidad de las emisiones de N_2O tanto en suelos minerales como orgánicos.

Tabla 5-5. Sector Agricultura: Niveles metodológicos

Categoría	Subcategoría	GEI y CN+CR estimados	Nivel metodológico
3.A. Fermentación entérica	3.A.1. Ganado	CH_4	Nivel 2
	3.A.2. Ovinos	CH_4	Nivel 1
	3.A.3. Porcinos	CH_4	Nivel 1a
	3.A.4. Otro ganado	CH_4	Nivel 1
3.B. Gestión del estiércol	3.B.1. Ganado	CH_4	Nivel 2
		N_2O	Nivel 1a
		COVDM; NH_3; NOx; PM_{10}; $PM_{2.5}$; SO_2	Nivel 1a
	3.B.2. Ovinos	CH_4; N_2O	Nivel 1
		COVDM; NH_3; NOx; PM_{10}; $PM_{2.5}$; SO_2	Nivel 1
	3.B.3. Porcinos	CH_4; N_2O	Nivel 1a
		COVDM; NH_3; NOx; PM_{10}; $PM_{2.5}$; SO_2	Nivel 1a
	3.B.4.a. Búfalos	CH_4; N_2O	Nivel 1
		COVDM; NH_3; NOx; PM_{10}; $PM_{2.5}$; SO_2	Nivel 1
	3.B.4.d. Caprinos	CH_4; N_2O	Nivel 1
		COVDM; NH_3; NOx; PM_{10}; $PM_{2.5}$; SO_2	Nivel 1
	3.B.4.e. Caballos	CH_4; N_2O	Nivel 1
		COVDM; NH_3; NOx; PM_{10}; $PM_{2.5}$; SO_2	Nivel 1
	3.B.4.f. Mulas y asnos	CH_4; N_2O	Nivel 1
		COVDM; NH_3; NOx; PM_{10}; $PM_{2.5}$; SO_2	Nivel 1
	3.B.4.g. Aves de corral	CH_4; N_2O	Nivel 1a
		COVDM; NH_3; NOx; PM_{10}; $PM_{2.5}$; SO_2	Nivel 1a
	3.B.5.a. Ganado	N_2O	Nivel 1a
	3.B.5.b. Ovinos	N_2O	Nivel 1
	3.B.5.c. Porcinos	N_2O	Nivel 1a
	3.B.5.d.i. Búfalos	N_2O	Nivel 1
	3.B.5.d.ii. Caprinos	N_2O	Nivel 1
	3.B.5.d.iii. Caballos	N_2O	Nivel 1
	3.B.5.d.iv. Mulas y asnos	N_2O	Nivel 1
	3.B.5.d.v. Aves	N_2O	Nivel 1a
3.C. Cultivo de arroz	3.C.1.a. Continuamente inundado	CH_4	Nivel 1
	3.C.1.b.i. Aireación simple	CH_4	Nivel 1
	3.C.1.b.ii. Aireación múltiple	CH_4	Nivel 2 Región Orinoquia; Nivel 1 Otras regiones
	3.C.2.b. Propenso a la sequía	CH_4	Nivel 2 Región Orinoquia; Nivel 1 Otras regiones
3.D. Suelos agrícolas	3.D.1. Emisiones directas de N2O de suelos gestionados	N_2O	Nivel 2 Región Orinoquia, 3.D.1.c. Orina y estiércol depositados por animales en pastoreo; Nivel 1 otras subcategorías

	3.D.1.a. Fertilizantes N inorgánicos	NOx	Nivel 1
	3.D.1.b.i. Estiércol animal aplicado a los suelos	NOx	Nivel 1
	3.D.1.c. Orina y estiércol depositado por animales en pastoreo	NOx	Nivel 1
	3.D.1.g.i. Operaciones agrícolas	PM_{10}; $PM_{2.5}$	Nivel 1
	3.D.1.g.ii. Cultivos en pie	COVDM	Nivel 1
	3.D.2 Emisiones indirectas de N2O de suelos gestionados	N_2O	Nivel 1
3.F. Quema de residuos agrícolas en el campo	3.F.1. Cereales	CH_4; N2O	Nivel 1
		CN; CO; NH_3; NOx; COVDM; PM_{10}; $PM_{2.5}$; SO_2	Nivel 1
	3.F.1.c. Maíz	CH_4; N_2O	Nivel 1
		CN; CO; NH_3; NOx; COVDM; PM_{10}; $PM_{2.5}$; SO_2	Nivel 1
	3.F.1.d.i Arroz	CH_4; N_2O	Nivel 1
		CN; CO; NH_3; NOx; COVDM; PM_{10}; $PM_{2.5}$; SO_2	Nivel 1
	3.F.4. Caña de azúcar	CH_4; N_2O	Nivel 1
		CN; CO; NH_3; NOx; COVDM; PM_{10}; $PM_{2.5}$; SO_2	Nivel 1
	3.F.5. Otros	CH_4; N_2O	Nivel 1
		CN; CO; NH_3; NOx; COVDM; PM_{10}; $PM_{2.5}$; SO_2	Nivel 1
3.G. Encalado	3.G.2. Dolomita CaMg(CO3)2	CO_2	Nivel 1
3.H. Aplicación de urea	3.H. Aplicación de urea	CO_2	Nivel 1

Fuente: Elaboración propia.

5.2 Fermentación entérica (CRT 3.A)

5.2.1 Descripción y tendencia de las emisiones y absorciones atmosféricas de la categoría

Se estiman las emisiones de CH_4 entérico, un subproducto natural del proceso digestivo que ocurre tanto en animales rumiantes (como vacas, ovejas y cabras) como en no rumiantes (como cerdos y caballos, entre otros). En los rumiantes, los microorganismos presentes en el rumen descomponen el alimento mediante fermentación, transformándolo en compuestos solubles utilizables por el animal; el CH_4 se genera como resultado de la actividad arqueana y bacteriana durante este proceso. Este gas es posteriormente exhalado, eructado o excretado, y representa la mayor parte de las emisiones de la actividad ganadera. La cantidad de CH_4 producido está influenciada por diversos factores, tales como la edad y tipo de animal, las características físicas y químicas del alimento, la tasa de pasaje, el nivel y horario de alimentación, y el estrés animal, entre otros (EPA, 2026; FAO, 2026a; Garcia-Apaza et al., 2008; Gustavo Ribeiro Pereira et al., 2015). Para el cálculo de la fermentación entérica en el inventario, se utilizó la población pecuaria como dato de actividad. Los grupos de animales cuantificados en el país se dividieron en las siguientes subcategorías del IPCC: 3.A.1 (Ganado bovino), 3.A.2 (Ovinos), 3.A.3 (Porcinos) y 3.A.4 (Otro ganado), que incluye búfalos, caprinos, caballos, mulas y asnos. Dentro de esta última subcategoría se excluyeron las aves de corral debido a que no generan emisiones significativas de CH_4 por fermentación entérica y el IPCC no proporciona factores de emisión para esta categoría (Figura 5-5).

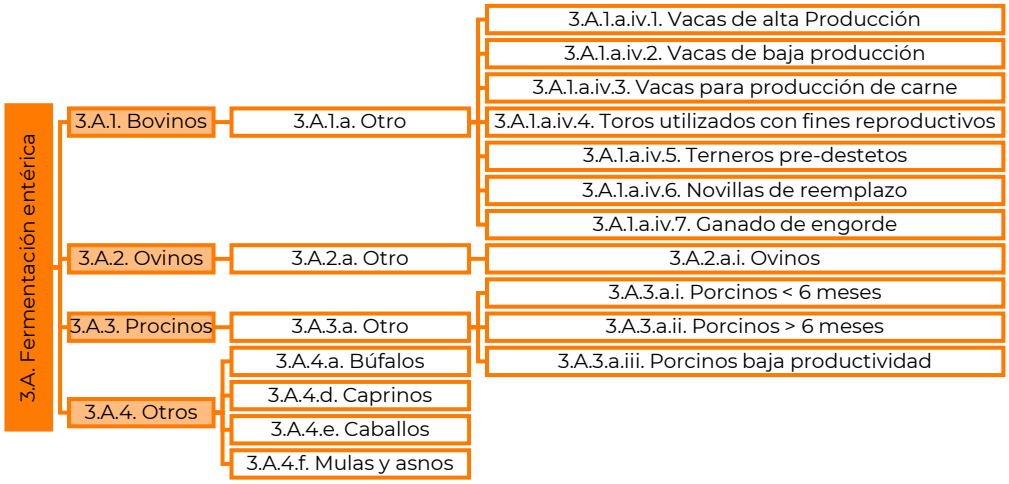


Figura 5-5. Sector Agricultura: Subcategorías estimadas en la categoría Fermentación entérica.
Fuente: Elaboración propia.

La estimación de las emisiones totales de la categoría Fermentación Entérica (3.A) para el último año de observación (2024) fue de 47.131,3 kt CO_2eq, lo cual representó el 81,2 % de las emisiones del sector Agricultura (58.033,4 kt CO_2eq). Esta participación ha mostrado una tendencia ascendente a través del tiempo, porque en 1990 la categoría aportaba el 57,5 % del total sectorial (Tabla 5-6).

Durante 2024 (Figura 5-6), las subcategorías más representativas fueron Bovinos (3.A.1) y Otro ganado (3.A.4), con contribuciones del 95 y 4 %, respectivamente. En esta categoría, el 100 % de las emisiones corresponden a CH_4, porque es el único GEI generado durante el proceso biológico de fermentación entérica. Las emisiones por fermentación entérica aumentaron de 33.370 kt CO_2eq en 1990 a 47.131,3 kt CO_2eq en 2024, lo que equivale a un incremento acumulado del 41,2 % y una tasa promedio de crecimiento anual del 1,05 %. Asimismo, la emisión de 2024 refleja un incremento del 5,9 % en comparación con el último año reportado en el BTR1 (2021), donde la estimación de la emisión neta de la categoría fue 44504,7 kt CO_2eq. Esta tendencia se explica, en gran medida, por las dinámicas demográficas de la población bovina en el territorio nacional. Fenómenos como las crisis sanitarias de 2017 asociadas a brotes de fiebre aftosa, que limitaron temporalmente el beneficio y la exportación de animales vivos y carne, sumados al impacto económico de la pandemia de COVID-19 en el poder adquisitivo de los hogares, provocaron una desaceleración en el consumo interno de carne bovina. Esta contracción de la demanda externa e interna se tradujo en un proceso de retención y posterior aumento en el tamaño del inventario ganadero nacional, cuyos efectos se reflejan en las emisiones registradas hasta la fecha (UPRA, 2021).

Tabla 5-6. Fermentación entérica: Emisiones totales de GEI por categoría (kt CO_2eq)

Subcategoría	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
3.A.1. Bovinos	31.230,8	32.726,7	31.205,4	32.916,2	33.858,4	34.857,4	43.006,5	42.493,5	44.304,0	44.796,2	44.757,0
3.A.2. Ovinos	403,6	402,0	362,2	292,8	283,6	116,5	235,6	249,2	252,8	254,7	250,9
3.A.3. Porciones	101,5	100,4	72,8	60,3	87,6	106,9	158,7	135,0	205,8	205,6	224,3
3.A.4. Otro ganado	1.634,0	1.791,8	1.801,2	1.729,9	1.555,5	1.059,0	1.501,2	1.705,2	1.739,8	1.793,1	1.899,1
3.A. Fermentación entérica	**33.370,0**	**35.021,0**	**33.441,7**	**34.999,3**	**35.785,2**	**36.139,9**	**44.902,0**	**44.582,8**	**46.502,5**	**47.049,6**	**47.131,3**

Fuente: Elaboración propia.

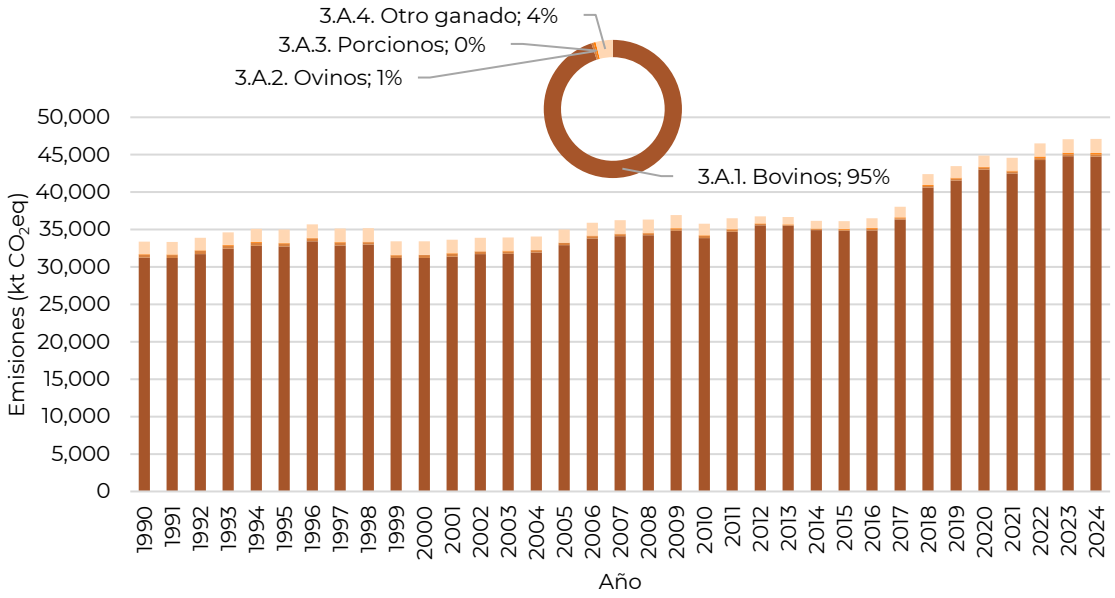


Figura 5-6. Fermentación entérica: Emisión de GEI por subcategoría (kt CO_2eq), 1990-2024 (barras) y aporte porcentual durante 2024 (anillo).

Fuente: Elaboración propia.

5.2.1.1 Bovinos (3.A.1)

La ganadería bovina es una de las actividades agropecuarias de mayor relevancia en la economía colombiana: representa aproximadamente el 50 % del PIB pecuario y genera alrededor de 810,000 empleos directos. De acuerdo con su orientación productiva, el hato nacional se distribuye en doble propósito (39 %), cría (35 %), ceba (20 %) y lechería especializada (5 %) (FEDEGAN, 2026). Respecto a la base alimenticia, el forraje de praderas bajo pastoreo constituye la fuente principal. Estas pasturas abarcan múltiples especies distribuidas en todos los agroecosistemas del país, variando desde sistemas especializados con pasturas introducidas hasta coberturas naturales o nativas (Bravo-Parra, 2021). Debido a esta amplia disponibilidad de recursos forrajeros, el pastoreo

extensivo predomina en el territorio nacional, consolidándose históricamente como uno de los principales determinantes en la expansión de la frontera agropecuaria (Zuluaga & Etter, 2018).

Aunque la actividad es mayoritariamente extensiva, Mahecha et al. (2002) identifican cinco tipologías de explotación en el país:

- *Pastoreo extensivo y extractivo*: Caracterizado por una mínima intervención humana y dependiente de la capacidad productiva natural de la pradera; predomina en los sistemas de cría y levante.
- *Pastoreo extensivo tradicional*: Incorpora prácticas culturales básicas en el manejo de animales y pastizales en sistemas de cría, levante, ceba, ciclo completo y doble propósito.
- *Pastoreo extensivo mejorado*: Implementa tecnologías orientadas a la productividad, tales como el establecimiento de pasturas mejoradas asociadas con leguminosas nativas o introducidas (ciclo completo, cría, ceba y doble propósito).
- *Pastoreo semi-intensivo suplementado*: Localizado comúnmente cerca de centros urbanos, emplea un manejo intensivo de pasturas de alto rendimiento, esquemas de suplementación alimenticia y una estrecha vinculación con la agroindustria.
- *Confinamiento total*: Caracterizado por la ausencia de pastoreo, su implementación es limitada en Colombia y se orienta a la producción de carne y leche de alta calidad, aprovechando residuos de cosecha y subproductos agroindustriales.

Para la estimación de las emisiones por fermentación entérica, el inventario nacional desagregó el hato bovino en siete subcategorías específicas, siguiendo los lineamientos del Refinamiento *2019 de las guías del IPCC* (IPCC, 2019): vacas de alta producción (3.A.1.a.iv.1), vacas de baja producción (3.A.1.a.iv.2), vacas para producción de carne (3.A.1.a.iv.3), toros reproductores (3.A.1.a.iv.4), terneros pre-destete (3.A.1.a.iv.5), novillas de reemplazo (3.A.1.a.iv.6) y ganado de engorde (3.A.1.a.iv.7).

El comportamiento histórico de estas emisiones (Categoría 3.A.1) muestra una clara tendencia al alza, pasando de 31.239,8 kt CO_2eq en 1990 a 44.757 kt CO_2eq en 2024, lo que representa un incremento neto acumulado del 43,3 %. Este incremento está correlacionado con la expansión del inventario en tres subcategorías críticas: novillas de reemplazo (3.A.1.a.iv.6), ganado de engorde (3.A.1.a.iv.7) y vacas para producción de carne (3.A.1.a.iv.3). Estas subcategorías registraron participaciones promedio anuales del 26,9 %, 23,9 % y 20,9 % dentro de la categoría general de ganado bovino, con tasas de crecimiento anual compuesta (CAGR) del 0,6 %, 0,9 % y 1.4 %, respectivamente (Tabla 5-7; Figura 5-7). Espacialmente, los sistemas productivos basados en razas cebuinas (*Bos indicus*) y sus cruces concentraron cerca del 85 % del promedio anual de las emisiones de la categoría. Estos sistemas se ubican principalmente en las regiones cálidas del país y coinciden con los mayores inventarios de novillas de reemplazo, vacas de carne, ganado de engorde y vacas de baja producción.

Entre 2003 y 2011, las emisiones experimentaron una fase de expansión moderada debido al incremento del inventario animado por el alza en los precios de la carne bovina. Este fenómeno económico contrajo el consumo interno y promovió la sustitución de esta proteína por pollo y cerdo (Pertuz M. & Elías C., 2019). Paralelamente, se redujo la tasa de beneficio (sacrificio) y disminuyó la participación de las hembras en las plantas de faenado, dado su rol estratégico como activo generador de capital (Viloria de la Hoz, 2005), comportamiento que se refleja en la evolución ascendente de las subcategorías de novillas de reemplazo y vacas de carne. En contraste, el periodo 2012–2016 exhibió un descenso en la curva de emisiones provocado por dos factores principales:

- La reducción del inventario nacional debido a eventos climáticos extremos (las fases consecutivas de La Niña y El Niño entre 2010 y 2011), que ocasionaron la muerte de 135,000 bovinos y el desplazamiento forzado de 1.6 millones de cabezas.
- La pérdida de rentabilidad en la ganadería de leche especializada, que, sumada a una alta tasa de extracción y un mayor sacrificio de vientres, redujo significativamente los nacimientos (FEDEGAN, 2013).

Posteriormente, entre 2017 y 2020 se registró una fase de recuperación de las emisiones, explicada por la repoblación del hato tras la estabilización de las condiciones climáticas, lo que incentivó la retención de hembras. No obstante, la trayectoria de las emisiones también estuvo influenciada por variables coyunturales externas: el ingreso ilegal de ganado desde Venezuela entre 2016 y 2018 (Caballero, 2019); las parálisis en la movilización por protestas sociales como el paro de transportadores en 2016, que alteró las tasas de extracción (Contexto ganadero, 2017); y las sequías prolongadas en las regiones de la Orinoquía y el Caribe en 2020 que frenaron el sacrificio (MinAgricultura, 2020).

Durante el 2020, la crisis sanitaria por COVID-19 también forzó una contracción en el volumen de faenado debido a las restricciones operativas en las plantas de beneficio y a la contracción del ingreso en los hogares, lo que derivó en la sustitución de la carne por fuentes de proteína de menor costo como el huevo (Burkart et al., 2020; Contexto ganadero, 2017; MinAgricultura, 2020). Finalmente, el año 2021 interrumpió la tendencia al alza con una leve reducción en las emisiones, explicada por una contracción coyuntural del inventario vivo. Según reportes de FEDEGAN (2024), este último comportamiento se vincula con un incremento sustancial en el

sacrificio de ganado durante 2021 frente a 2020, con variaciones al alza del 1.5 % para el consumo interno y un notable 42 % en las cadenas de exportación.

Tabla 5-7. Fermentación entérica-Bovinos: Emisiones totales de GEI por categoría (kt CO_2eq)

Subcategoría	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
3.A.1.a. Otro	31.230,8	32.726,7	31.205,4	32.916,2	33.858,4	34.857,4	43.006,5	42.493,5	44.304,0	44.796,2	44.757,0
3.A.1.a.iv. Otros	31.230,8	32.726,7	31.205,4	32.916,2	33.858,4	34.857,4	43.006,5	42.493,5	44.304,0	44.796,2	44.757,0
3.A.1.a.iv.1. Vacas de alta Producción	1.292,6	1.354,5	1.291,5	1.362,3	1.524,0	1.705,7	2.156,4	2.139,8	2.227,6	2.221,4	2.189,0
3.A.1.a.iv.2. Vacas de baja producción	4.449,8	4.663,0	4.446,2	4.690,0	4.758,3	5.373,6	7.419,5	7.377,0	7.729,8	7.904,1	7.652,4
3.A.1.a.iv.3. Vacas para producción de carne	6.407,0	6.713,9	6.401,8	6.752,8	6.908,5	7.670,1	9.041,9	8.968,2	9.474,8	9.844,7	9.939,4
3.A.1.a.iv.4. Toros utilizados con fines reproductivos	725,6	760,3	725,0	764,8	781,2	895,2	1.149,9	1.162,6	1.172,6	1.287,1	1.503,1
3.A.1.a.iv.5. Terneros pre-destetos	1.989,0	2.084,2	1.987,4	2.096,3	2.124,7	2.060,8	2.966,0	2.994,4	3.219,8	3.290,2	2.983,2
3.A.1.a.iv.6. Novillas de reemplazo	8.894,7	9.320,7	8.887,5	9.374,7	9.593,3	8.393,4	10.082,4	10.126,3	10.511,5	10.513,7	10.665,0
3.A.1.a.iv.7. Ganado de engorde	7.472,1	7.830,0	7.466,1	7.875,4	8.168,6	8.758,6	10.190,3	9.725,2	9.967,8	9.735,0	9.825,0
3.A.1. Bovinos	**31.230,8**	**32.726,7**	**31.205,4**	**32.916,2**	**33.858,4**	**34.857,4**	**43.006,5**	**42.493,5**	**44.304,0**	**44.796,2**	**44.757,0**

Fuente: Elaboración propia.

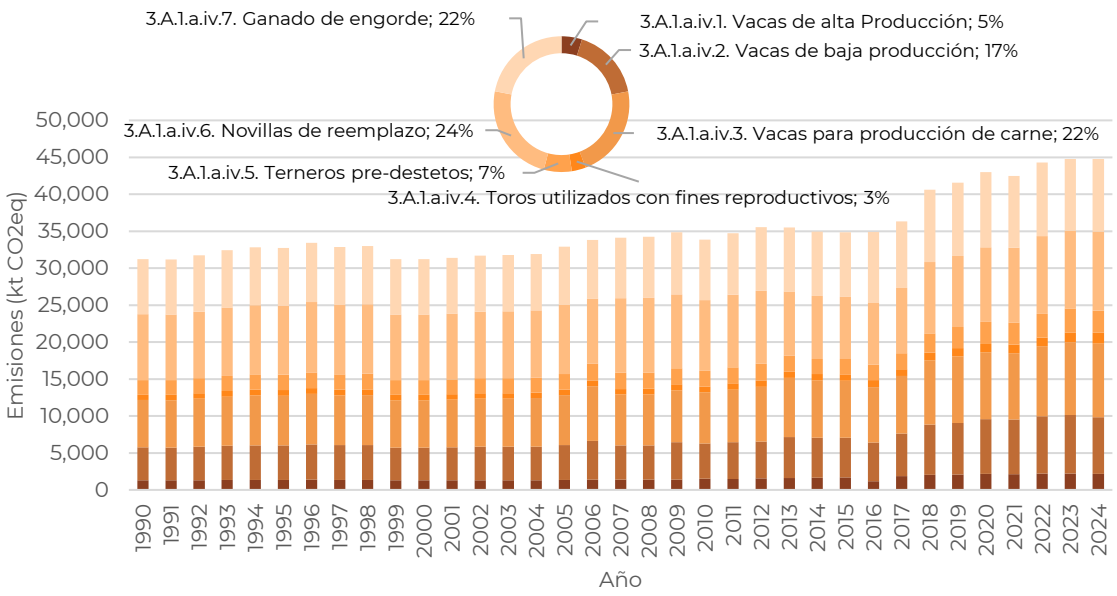


Figura 5-7. Fermentación entérica-Bovinos: Emisión de GEI por subcategoría (kt CO_2eq), 1990-2024 (barras) y aporte porcentual durante 2024 (anillo)

Fuente: Elaboración propia.

5.2.1.2 Ovinos (3.A.2)

Los ovinos se clasifican dentro del grupo de especies menores y constituye una de las principales líneas productivas y de sustento para pequeños productores, economías campesinas y comunidades indígenas en diversas regiones del territorio nacional. Estos sistemas no solo representan un activo económico móvil, sino que actúan como una fuente estratégica de proteína para garantizar la seguridad y soberanía alimentaria local (AGROSAVIA, 2022). Aunque, el balance de largo plazo (1990–2024) refleja una contracción neta, el inventario ovino ha mostrado una fase de recuperación sostenida durante la última década.

De acuerdo con los registros de los inventarios pecuarios oficiales, el hato ovino nacional alcanzó los 1,79 millones de cabezas en 2024 (UPRA, 2025). Actualmente, el país articula esfuerzos interinstitucionales orientados a tecnificar los procesos extractivos y optimizar los diferentes eslabones de la cadena de valor, buscando tanto consolidar el mercado interno como alcanzar los estándares competitivos exigidos por los mercados internacionales (UPRA, 2025).

Las emisiones de la subcategoría de ovinos representaron, durante 2024, el 0,78 % de las emisiones totales de la categoría 3.A (Ganado). El análisis de la serie histórica registra un promedio de 284,1 kt CO_2eq $año^{-1}$, con una emisión inicial de 403,6 kt CO_2eq en 1990 que descendió a 250,9 kt CO_2eq en 2024; este comportamiento equivale a una reducción neta del 37,8 % en el periodo evaluado. Sin embargo, al contrastar este resultado con

el inventario del último año reportado en el BTR1 (que fijo la emisión de 2021 en 249,16 kt CO_2eq), se evidenció un ligero incremento del 0,71 % en la dinámica de emisión de la subcategoría (Tabla 5-8).

La trayectoria temporal de las emisiones exhibe dos fases opuestas bien definidas (Figura 5-8):

- Fase de contracción (finales de los noventa – 2012): Caracterizada por una caída drástica del inventario animal, inducida principalmente por la contracción en la demanda interna de carne ovina. El periodo 1994–2005 registró las tasas de crecimiento más bajas para el sector de cárnicos en el país. Hacia el año 2005, mientras el consumo per cápita de carne ovina se estimaba en apenas 310 g por persona al año, el consumo de carne bovina superaba los 17 kg por persona al año, seguido por el pollo (16,5 kg por persona al año) y el cerdo (2,6 kg por persona al año). Esta asimetría en las preferencias del consumidor deprimió los incentivos de producción.
- Fase de recuperación (2012–2024): Muestra un crecimiento de tendencia lineal en las emisiones. Este repunte responde directamente a la implementación de políticas públicas y estrategias gremiales diseñadas para incentivar la retención de vientres, el mejoramiento genético y el fomento del consumo formal de carne ovina en el país.

Tabla 5-8. Fermentación entérica-Ovinos: Emisiones totales de GEI por categoría (kt CO_2eq)

Subcategoría	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
3.A.2.a. Otro	403,6	402,0	362,2	292,8	283,6	116,5	235,6	249,2	252,8	254,7	250,9
3.A.2.a.i. Ovinos	403,6	402,0	362,2	292,8	283,6	116,5	235,6	249,2	252,8	254,7	250,9
3.A.2. Ovinos	**403,6**	**402,0**	**362,2**	**292,8**	**283,6**	**116,5**	**235,6**	**249,2**	**252,8**	**254,7**	**250,9**

Fuente: Elaboración propia.

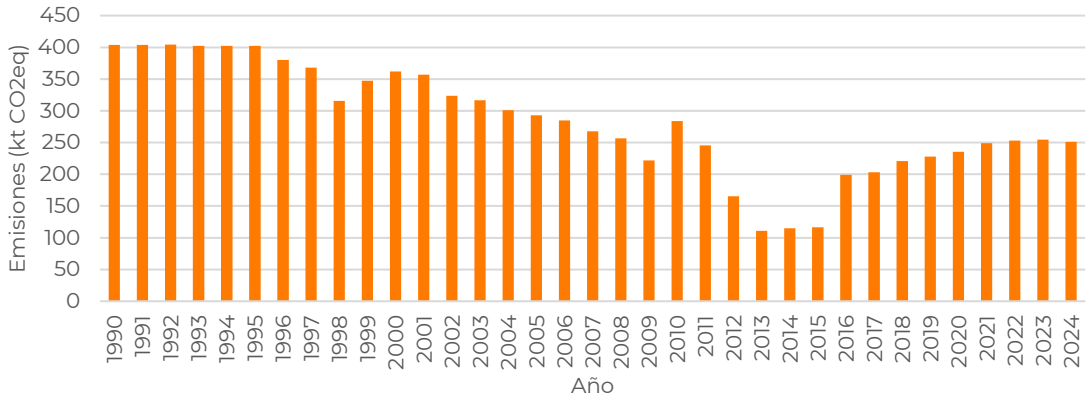


Figura 5-8. Fermentación entérica-Ovinos: Emisión de GEI por subcategoría (kt CO_2eq), 1990-2024

Fuente: Elaboración propia.

5.2.1.3 Porcinos (3.A.3)

La carne de cerdo ocupa el tercer lugar en consumo de proteínas de origen animal, superada únicamente por la carne de pollo y la bovina. Durante la última década, la cadena porcícola se ha destacado por registrar una acelerada tasa de expansión, impulsada por el incremento sostenido de la producción interna y el consumo per cápita (Porkcolombia, 2026). De hecho, Colombia se consolidó como el país con mayor crecimiento sectorial en América Latina en dicho periodo (150 %), registrando una tasa de crecimiento anual compuesta del 8.3 %, cifra significativamente superior a la de productores tradicionales de la región como Brasil, México, Chile y Argentina. Actualmente, este sector contribuye con el 4 % del PIB agropecuario y el 17 % del PIB pecuario, orientando sus esfuerzos principalmente al abastecimiento de la demanda interna (Trujillo-Diaz et al., 2019).

De acuerdo con el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (Rodríguez et al., 2011), en el país coexistentes tres sistemas de producción definidos por su grado de tecnificación:

- Tecnificado: Implementa una gestión empresarial formal con comercialización de animales en pie o en canal articulada con plantas de beneficio y procesadores. Aplica un agrupamiento riguroso por etapas fisiológicas y estrictos planes de control técnico y sanitario.
- Semitecnificado: Comparte la estructura del sistema tecnificado, pero carece de un seguimiento técnico e institucional continuo, operando bajo esquemas de asesoría programada o intermitente.
- De traspatio o subsistencia: Orientado al autoconsumo y a la venta informal en mercados locales. Se caracteriza por un bajo uso de insumos, genética deficiente y la ausencia de programas de bioseguridad o asistencia veterinaria.

Según el Censo Pecuario Nacional (*Instituto Colombiano Agropecuario - ICA*, 2026), el inventario nacional alcanzó los 5.950.113 individuos, de los cuales el 76,9 % se concentra en predios tecnificados y el 23,1 % restante corresponde a sistemas de traspatio.

Para asegurar el cumplimiento de las directrices metodológicas del Refinamiento del 2019 (IPCC, 2019), la población porcina nacional se subdividió en tres categorías operativas:

- Porcinos de alta producción menores a 6 meses (sistemas tecnificados), 3.A.3.a.i.
- Porcinos de alta producción mayores a 6 meses (sistemas tecnificados, destinados principalmente a reemplazo y reproducción), 3.A.3.a.ii.
- Porcinos de baja producción (sistemas de traspatio o subsistencia), 3.A.3.a.iii.

Esta estratificación permitió asignar factores de emisión por defecto específicos para cada nivel de tecnificación. Los resultados indican que la categoría 3.A.3 (Porcinos) aportó, en promedio, el 0,28 % del total de las emisiones de la categoría general 3.A (Ganado). La serie histórica registró un promedio de 108,3 kt CO_2eq, pasando de una emisión inicial de 101,5 kt CO_2eq en 1990 a 224,3 kt CO_2eq en 2024, lo que representa un incremento neto del 120,9 %. La mayor carga de emisión proviene de la subcategoría de porcinos menores a 6 meses (3.A.3.a.i), con una participación promedio del 60,5 %, seguida por los sistemas de baja productividad (3.A.3.a.iii) con un 29 % y, por último, los sistemas de porcinos mayores a 6 meses (3.A.3.a.ii) con el 10,5 % restante (Tabla 5-9).

La serie histórica muestra una tendencia general creciente, interrumpida por dos periodos críticos con dinámicas contrapuestas (Figura 5-9):

- *Fase de contracción (2000–2006)*: Registró un descenso significativo en las emisiones debido a la reducción del inventario vivo. Este comportamiento respondió a una crisis estructural de rentabilidad provocada por el aumento en los costos de las materias primas importadas y la liquidación preventiva de hatos reproductores (vientres), lo que elevó temporalmente las tasas de sacrificio en plantas de beneficio a costa de la capacidad productiva futura del sector (DNP, 2007; Espinal & Martínez-Covaleda, 2006).
- *Fase de expansión acelerada (2014–2024)*: Caracterizada por un rápido ascenso en las emisiones, las cuales pasaron de 97.60 kt CO_2eq en 2014 a 224,3 kt CO_2eq en 2024, equivaliendo a una tasa de crecimiento anual compuesta del 9,6 %. Este comportamiento refleja el robustecimiento del inventario impulsado por campañas gremiales efectivas para formalizar la cadena, mejorar la eficiencia reproductiva e incentivar la demanda doméstica (BMC, 2020).

Cabe destacar que en los últimos 3 años (2022-2024) se está presentando un pico histórico de emisiones, en el cual se alcanzó una emisión promedio de 211,9 kt CO_2eq año^{-1}. Este repunte atípico fue consecuencia al fuerte desarrollo del sector porcícola colombiano como consecuencia de tres situaciones, principalmente (FINAGRO, 2021; Porkcolombia, 2026b):

- El aumento histórico en el precio de la carne de res obligó a los hogares colombianos a buscar alternativas más económicas para su canasta familiar. La carne de cerdo se consolidó como la opción ideal debido a su competitividad en costos y a una percepción de calidad superior frente al pollo. Este masivo traslado de la demanda interna obligó a las granjas a expandir rápidamente su capacidad para abastecer el mercado nacional.
- Las intensas campañas de promoción lideradas por Porkcolombia eliminaron los mitos tradicionales asociados al riesgo sanitario de esta carne. El producto fue exitosamente posicionado como una proteína blanca, magra, saludable y apta para la preparación de recetas cotidianas. Esta regularización del consumo eliminó la estacionalidad de las ventas, garantizando ingresos estables que incentivaron la inversión a largo plazo.
- Las grandes industrias cárnicas del país absorbieron eslabones productivos mediante contratos que aseguran el suministro de alimento y la compra de animales. Este modelo de integración redujo significativamente la incertidumbre financiera y los riesgos de mercado para los medianos productores. La consecuente formalización empresarial desplazó a la porcicultura informal de traspatio, reflejando un crecimiento real y controlado ante los censos del ICA.

Tabla 5-9. Fermentación entérica-Porcinos: Emisiones totales de GEI por categoría (kt CO_2eq)

Subcategoría	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
3.A.3.a. Otro	101,5	100,4	72,8	60,3	87,6	106,9	158,7	135,0	205,8	205,6	224,3
3.A.3.a.i. Porcinos < 6 meses	74,7	70,7	51,6	24,0	44,0	50,9	68,2	75,5	150,6	150,6	169,5
3.A.3.a.ii. Porcinos > 6 meses	8,1	7,8	5,7	7,2	11,1	11,7	17,0	21,0	26,9	27,8	28,6
3.A.3.a.iii. Porcinos baja productividad	18,7	21,9	15,5	29,1	32,5	44,3	73,4	38,5	28,3	27,2	26,1
3.A.3. PorciNOS	**101,5**	**100,4**	**72,8**	**60,3**	**87,6**	**106,9**	**158,7**	**135,0**	**205,8**	**205,6**	**224,3**

Fuente: Elaboración propia.

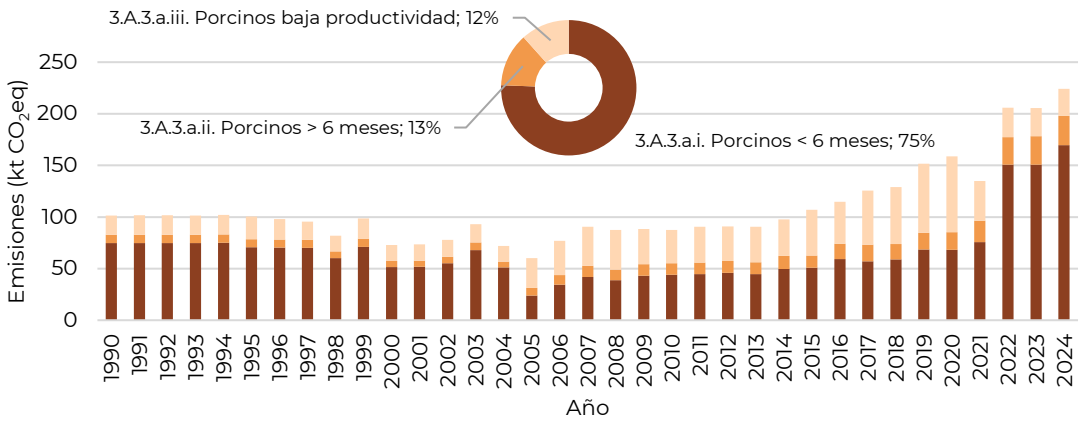


Figura 5-9. Fermentación entérica-Porcinos: Emisión de GEI por subcategoría (kt CO_2eq), 1990-2024 (barras) y aporte porcentual durante 2024 (anillo).

Fuente: Elaboración propia.

5.2.1.4 Otro ganado (3.A.4)

En esta subcategoría se calculan las emisiones de CH_4 por fermentación entérica para Búfalos, Caprinos, Caballos, Mulas y Asnos.

- *Búfalos*: las extensas áreas de tierras inundables con suelos mal drenados y baja fertilidad natural plantean desafíos significativos para la producción eficiente del ganado bovino convencional. En estos ambientes, el búfalo (*Bubalus bubalis*) ha adquirido relevancia debido a su adaptación a entornos húmedos. Diversos estudios indican que los búfalos poseen una capacidad superior para aprovechar forrajes de baja calidad y adaptarse al clima tropical en comparación con los vacunos (*Bos indicus* y *Bos taurus*), lo que se traduce en una producción eficiente de carne y leche (Angulo et al., 2005; Gutiérrez, 2013). Asimismo, demuestran aptitud para desplazarse largas distancias sin comprometer su productividad, capacidad para el trabajo de carga o tiro, resistencia a enfermedades locales y una alta eficiencia reproductiva. Debido a estas ventajas adaptativas, zootécnicas y económicas frente a la ganadería bovina tradicional, la población bufalina ha mantenido un crecimiento gradual y sostenido en las últimas décadas. De acuerdo con cifras oficiales del ICA, para el año 2024 se registró un inventario total de 563.372 cabezas (*Instituto Colombiano Agropecuario - ICA*, 2026).
- *Caprinos:* La producción caprina en el país ha sido históricamente artesanal, confinada a regiones específicas y caracterizada por una limitada disponibilidad de tierra, infraestructura y tecnología. No obstante, esta actividad es reconocida formalmente por su alto valor social en comunidades rurales e indígenas, pues contribuye a la seguridad alimentaria, la generación de ingresos y la preservación de dinámicas socioculturales locales. Las explotaciones caprinas colombianas exhiben una diversidad productiva tradicional, orientada principalmente a la obtención de carne y productos lácteos (Rua, 2019). Según el Censo Pecuario Nacional, la población caprina para el año 2021 se estimó en 1.1482.239,2 animales (*Instituto Colombiano Agropecuario - ICA*, 2026).
- *Equinos*: Los equinos desempeñan un rol fundamental en la economía rural, el deporte, la cultura y la tradición nacional. El sector actúa como un dinamizador económico mediante la generación de empleo y su aporte al Producto Interno Bruto (PIB) agropecuario. Estos animales se emplean en diversas actividades que abarcan desde labores de campo como la vaquería y el transporte pesado, hasta servicios de salud mediante hipoterapia y equinoterapia, además de participar en la chalanería, competencias ecuestres y exhibiciones. De este modo, el renglón no solo comprende la cría y comercialización, sino también la producción de insumos y la prestación de servicios especializados (García et al., 2016; Ortiz Roldan & Soto Rojas, 2024). Para el año 2024, el inventario equino reportado fue de 238.790 animales (*Instituto Colombiano Agropecuario - ICA*, 2026).

La Figura 5-10 ilustra el comportamiento de las emisiones en cada subcategoría. La categoría 3.A.4 (Otro Ganado) representó el 4,4 % de las emisiones totales de la categoría principal 3.A. Este segmento registró un promedio histórico de 1.608,4 kt CO_2eq $año^{-1}$, variando desde 1.634,05 kt CO_2eq en 1990 hasta alcanzar 1.899,1 kt CO_2eq en el año 2024, lo que representa un incremento del 16,2 % respecto al año base (Tabla 5-10). La mayor contribución proviene de la subcategoría 3.A.4.e (Caballos), con una participación promedio histórica del 59,02 %, seguida por 3.A.4.a (Búfalos) con un 21,03 %. Sin embargo, la participación de las emisiones asociadas a los búfalos ha mostrado una tasa de crecimiento superior a la de las demás subcategorías. Esta tendencia es tan pronunciada que, desde el año 2017, los búfalos se consolidaron como la principal fuente de emisiones dentro

del grupo. Para el año 2024, su contribución alcanzó el 56,5% de las emisiones totales correspondientes a la categoría 3.A.4 (Otro Ganado).

La tendencia histórica de las emisiones revela dos periodos diferenciados, explicados por un cambio en las fuentes de datos de actividad para Caballos (3.A.4.e), Mulas y Asnos (3.A.4.f):

- Periodo 1990-2004: Se utilizaron técnicas de empalme para superponer los datos de actividad a partir de datos de(FAO, 2026b), los cuales presentan valores superiores a los registros nacionales.
- Periodo 2005-2024: Se empleó el Censo Pecuario Nacional del ICA.

Estas discrepancias metodológicas entre las fuentes institucionales se asocian a variaciones en los criterios de clasificación, cobertura geográfica y mecanismos de captura de información. Por otra parte, el comportamiento observado entre 2005 y 2024 muestra una tendencia estrictamente creciente, consistente con el incremento sostenido de las poblaciones animales del país, especialmente en los sectores bufalino.

Tabla 5-10. Fermentación entérica-Otro ganado: Emisiones totales de GEI por categoría (kt CO_2eq)

Subcategoría	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
3.A.4.a. Búfalos	42,2	67,2	107,0	170,3	271,2	431,9	644,6	789,5	860,2	923,7	1.072,7
3.A.4.d. Caprinos	135,4	136,2	167,3	156,4	112,9	152,8	144,8	159,2	160,9	161,8	160,8
3.A.4.e. Caballos	1.234,0	1.345,8	1.293,8	1.188,9	992,5	401,8	603,0	641,0	609,0	599,5	564,0
3.A.4.f. Mulas y asnos	222,5	242,6	233,2	214,3	178,9	72,4	108,7	115,6	109,8	108,1	101,7
3.A.4.h. Otros	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
3.A.4.h.v. Otros	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
3.A.4.h.v.1. Ponedoras	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
3.A.4.h.v.2. Pollo de engorde	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
3.A.4. Otro ganado	**1.634,0**	**1.791,8**	**1.801,2**	**1.729,9**	**1.555,5**	**1.059,0**	**1.501,2**	**1.705,2**	**1.739,8**	**1.793,1**	**1.899,1**

Fuente: Elaboración propia.

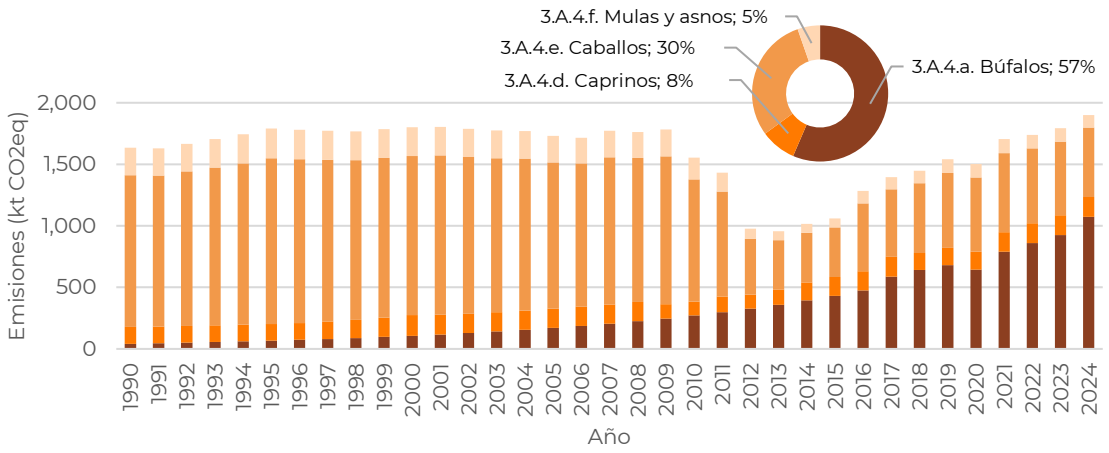


Figura 5-10. Fermentación entérica-Otros: Emisión de GEI por subcategoría (kt CO_2eq), 1990-2024 (barras) y aporte porcentual durante 2024 (anillo).

Fuente: Elaboración propia.

Por último, es importante precisar que las emisiones reportadas en la categoría 3.A corresponden exclusivamente a CH_4 por fermentación entérica. Respecto a las subcategorías de aves de corral (3.A.4.h.v.1 y 3.A.4.h.v.2), estas no fueron estimadas en el presente inventario debido a la ausencia de factores de emisión específicos para dicho proceso fisiológico en este tipo de animales (IPCC, 2019).

5.2.2 Aspectos metodológicos de la categoría

Las emisiones de CH_4 por fermentación entérica se estimaron para la totalidad de las subcategorías (3.A.1, 3.A.2, 3.A.3 y 3.A.4) aplicando la ecuación general 10.19 de las Directrices del IPCC de 2006 (refinamiento de 2019). No obstante, debido a las particularidades en la disponibilidad de datos de actividad y al desarrollo de herramientas nacionales, se presentan variaciones en los niveles metodológicos (Tier) alcanzados por algunas de estas subcategorías.

El cálculo de las emisiones para la subcategoría 3.A.1 (Bovinos) alcanza un nivel metodológico Nivel 2 (Tier 2) gracias a la implementación del modelo «AFOLU 1 Colombia», desarrollado por el equipo técnico del Ideam

(Moreno Q. et al., 2021). Este modelo permitió estimar factores de emisión de CH_4 específicos para fermentación entérica y gestión de estiércol, fundamentados en la caracterización detallada de las regiones productoras, las categorías de edad y propósito animal, los sistemas de producción, las variables climáticas y la dieta. El proceso de desarrollo e implementación del modelo contempló las siguientes fases secuenciales:

- Regionalización de la ganadería bovina del país.
- Homologación del censo bovino nacional con las categorías exigidas por el IPCC.
- Caracterización de los animales tipo, los sistemas de producción y los sistemas de gestión de estiércol (SGE).
- Evaluación y caracterización cualitativa y cuantitativa de las dietas.
- Análisis de las variables climáticas locales.
- Cálculo y validación de los factores de emisión nacionales.

Para profundizar en desarrollo metodologías del modelo, la arquitectura matemática, las ecuaciones de balance energético y los coeficientes específicos del modelo, consulte el Anexo 5.1. Modelo AFOLU 1 Colombia (3.A. y 3.B.).

Las estimaciones para la subcategoría Porcinos (3.A.3) alcanzaron un nivel metodológico Nivel 1 avanzado (Tier 1a). Esto se logró mediante la desagregación estructurada del sistema productivo nacional, lo que permitió aplicar los factores de emisión predeterminados que se reportan en la Tabla 10.10 del Refinamiento de 2019 de las Directrices del IPCC de 2006 (IPCC, 2019). Adicionalmente, la subcategoría 3.A.3.a.i. (Porcinos < 6 meses) tuvo un ajuste de los datos de población de acuerdo con los días vivos del animal, ya que su periodo de vida es menor a un año (Tabla 5-11).

Para las demás subcategorías Ovinos y Otro ganado (3.A.2 y 3.A.4, respectivamente) se emplearon factores de emisión por defecto que se reportan en la Tabla 10.10 del Refinamiento de 2019 de las Directrices del IPCC de 2006 (IPCC, 2019) (Tabla 5-11).

Tabla 5-11. Fermentación entérica: Aspectos metodológicos para la estimación de GEI, CN+CC

Subcategoría	Contaminante	Nivel (Tier)	No. Ecuación	Ecuación	Fuente
3.A.1. Bovinos	CH_4	2	Ecuación 10.19.	$E_T = \sum_{(P)} EF_{(T,P)} * \left(\frac{N_{(T,P)}}{10^6}\right)$ Dónde: E_T = emisiones totales de CH_4 por fermentación entérica de la categoría T, en kt CH_4 $año^{-1}$; $EF_{(T,P)}$ = factor de emisión de la categoría T y el sistema productivo P, en kg CH_4 $cabeza^{-1}$ $año^{-1}$; $N_{(T,P)}$ = dato de actividad, es igual al número de cabezas de ganado especie/categoría T clasificado como sistema productivo P; T = especie / Categoría animal; P = sistema productivo, ya sea de alta o baja productividad para ser usado en Nivel 1a (avanzado); se omite si se usa el enfoque de Nivel 1.	IPCC, 2019. V 4. Ch 10.
3.A.2. Ovinos	CH_4	1			
3.A.3. Porcinos	CH_4	1a			
3.A.4. Otro ganado	CH_4	1			
3.A.3. Porcinos (3.A.3.a.i. Porcinos < 6 meses)			Ecuación 10.1.	$AAP = Dias\ vivo * \left(\frac{NAPA}{365}\right)$ Donde: AAP = población promedio anual y NAPA = cantidad de animales producidos anualmente	IPCC, 2019. V 4. Ch 10.

Fuente: Elaboración propia.

5.2.2.1 Datos de actividad de la categoría

Las poblaciones anuales de animales constituyen el dato de actividad fundamental para la categoría de fermentación entérica (3.A). La principal fuente de información estuvo conformada por los Censos Nacionales Pecuarios, recopilados por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) a partir de los registros sanitarios y de vacunación de cobertura nacional, los cuales suministraron los datos de población para cada una de las subcategorías analizadas (Tabla 5-12).

No obstante, debido a que estos registros oficiales no cubren la serie temporal completa (1990-2024), se aplicó la técnica de empalme por superposición parcial (overlap), sugerida por el IPCC (2006), utilizando como referencia las cifras de poblaciones animales reportadas por FAOSTAT, plataforma que sí dispone de la serie histórica completa. La única excepción a este procedimiento se presentó en la subcategoría 3.A.4.a (Búfalos), ante la ausencia de registros en FAOSTAT; en este caso específico, la completitud de la serie se resolvió mediante una extrapolación basada en una regresión no lineal.

Las series temporales completas de los datos de actividad para cada una de las subcategorías estimadas en fermentación entérica se encuentran consolidadas en las Tablas de Reporte Común (CRT, por sus siglas en

inglés) (Tabla 5-13; Tabla 5-14; Tabla 5-15). Estos archivos forman parte de los Informes Bienales de Transparencia (BTR, por sus siglas en inglés) presentados por Colombia ante la Secretaría de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), y están disponibles para consulta pública en su repositorio oficial.

Tabla 5-12. Fermentación entérica: Fuentes de información de datos de actividad

Subcategoría	Dato de actividad	Periodo	Fuente	Comentarios
3.A.1. Bovinos	Cabezas de animales	1990 - 2013	Empalme a partir de datos FAOStat.	Se empleo la técnica de superposición
		2014-2024	Censo Pecuario Nacional - ICA	Datos consolidados anualmente por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) a escala municipal y homologados a las subcategorías de ganado propuestas por el nivel metodológico 2 (Tier 2) de las Directrices del IPCC (2019).
3.A.2. Ovinos	Cabezas de animales	1990 - 2013	Empalme a partir de datos FAOStat.	Se empleo la técnica de superposición
		2014-2024	Censo Pecuario Nacional - ICA	Datos consolidados anualmente por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) a escala municipal.
3.A.3. Porcinos	Cabezas de animales	1990 - 2013	Empalme a partir de datos FAOStat.	Se empleo la técnica de superposición
		2014-2024	Censo Pecuario Nacional - ICA	Datos consolidados anualmente por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) a escala municipal.
3.A.4.a. Búfalos	Cabezas de animales	1990 - 2013	Empalme	Regresión no lineal a partir de Censo Pecuario Nacional
		2014-2024	Censo Pecuario Nacional - ICA	Datos consolidados anualmente por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) a escala municipal, derivados de la recopilación del Registro Único de Vacunación (RUV).
3.A.4.d. Caprinos	Cabezas de animales	1990 - 2013	Empalme a partir de datos FAOStat.	Se empleo la técnica de superposición
		2014-2024	Censo Pecuario Nacional - ICA	Datos consolidados anualmente por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) a escala municipal.
3.A.4.e. Caballos	Cabezas de animales	1990 - 2013	Empalme a partir de datos FAOStat.	Se empleo la técnica de superposición
		2014-2024	Censo Pecuario Nacional - ICA	Datos consolidados anualmente por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) a escala municipal.
3.A.4.f. Mulas y asnos	Cabezas de animales	1990 - 2013	Empalme a partir de datos FAOStat.	Se empleo la técnica de superposición
		2014-2024	Censo Pecuario Nacional - ICA	Datos consolidados anualmente por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) a escala municipal.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-13. Fermentación entérica: Datos de actividad (Cabezas de animales) para la subcategoría 3.A.1. Bovinos para GEI y CN+CC

Año	3.A.1.a.iv.1. Vacas de alta Producción	3.A.1.a.iv.2. Vacas de baja producción	3.A.1.a.iv.3. Vacas para producción de carne	3.A.1.a.iv.4. Toros utilizados con fines reproductivos	3.A.1.a.iv.5. Terneros pre-destetos	3.A.1.a.iv.6. Novillas de reemplazo	3.A.1.a.iv.7. Ganado de engorde
1.990	559.594,3	2.327.215,2	3.181.271,3	339.258,5	3.948.113,4	5.300.109,6	4.810.476,0
1.991	558.830,1	2.324.037,3	3.176.927,2	338.795,2	3.942.722,2	5.292.872,2	4.803.907,2
1.992	568.521,5	2.364.341,4	3.232.022,4	344.670,7	4.011.098,0	5.384.662,7	4.887.217,9
1.993	581.178,4	2.416.978,2	3.303.976,1	352.344,0	4.100.396,1	5.504.540,1	4.996.020,8
1.994	588.292,8	2.446.565,3	3.344.421,2	356.657,2	4.150.590,5	5.571.923,1	5.057.178,9

1.995	586.397,1	2.438.681,8	3.333.644,5	355.507,9	4.137.216,1	5.553.968,8	5.040.883,2
1.996	598.711,9	2.489.896,0	3.403.653,8	362.973,9	4.224.101,0	5.670.606,6	5.146.745,8
1.997	589.180,9	2.450.258,9	3.349.470,3	357.195,6	4.156.856,7	5.580.335,1	5.064.813,8
1.998	591.269,4	2.458.944,1	3.361.342,9	358.461,7	4.171.591,2	5.600.115,3	5.082.766,6
1.999	559.123,7	2.325.258,2	3.178.596,2	338.973,2	3.944.793,5	5.295.652,8	4.806.430,9
2.000	559.139,8	2.325.325,1	3.178.687,5	338.982,9	3.944.906,8	5.295.804,9	4.806.569,0
2.001	562.506,5	2.339.326,4	3.197.827,2	341.024,0	3.968.660,1	5.327.692,3	4.835.510,5
2.002	568.356,4	2.363.654,6	3.231.083,5	344.570,6	4.009.932,9	5.383.098,5	4.885.798,2
2.003	569.135,7	2.366.895,9	3.235.514,2	345.043,1	4.015.431,6	5.390.480,2	4.892.498,0
2.004	571.946,7	2.378.585,8	3.251.494,2	346.747,2	4.035.263,5	5.417.103,5	4.916.661,7
2.005	589.793,7	2.452.807,2	3.352.953,8	357.567,1	4.161.179,9	5.586.138,8	5.070.081,2
2.006	595.936,0	2.743.515,2	3.692.761,3	378.277,0	4.414.875,3	5.260.531,4	5.094.446,0
2.007	601.122,0	2.436.636,0	3.389.291,0	356.668,4	4.371.262,0	6.009.481,0	5.245.531,6
2.008	603.804,0	2.421.107,6	3.398.890,3	370.487,4	4.298.443,4	6.053.254,4	5.303.616,8
2.009	601.794,0	2.645.526,0	3.506.619,1	386.258,2	4.302.134,2	5.945.884,2	5.399.162,5
2.010	659.638,0	2.483.926,3	3.421.458,7	364.535,1	4.216.250,0	5.730.902,0	5.279.158,0
2.011	632.153,0	2.626.885,7	3.517.070,3	394.087,7	4.308.433,0	5.852.323,5	5.361.225,4
2.012	670.612,0	2.612.855,0	3.668.358,0	408.875,0	4.460.630,7	5.872.733,8	5.564.233,4
2.013	699.516,0	2.896.785,7	3.993.480,3	396.647,9	4.266.687,0	5.176.788,0	5.578.342,1
2.014	708.280,0	2.835.759,0	3.868.864,0	400.032,1	4.076.096,0	5.084.186,0	5.601.558,0
2.015	738.882,0	2.805.873,0	3.835.295,0	415.012,4	4.078.447,0	4.993.210,0	5.660.536,6
2.016	517.354,0	2.720.247,3	3.749.841,7	431.887,0	4.172.255,0	4.968.937,0	6.128.898,0
2.017	802.084,0	3.008.510,3	3.887.498,7	433.697,0	4.293.960,0	5.248.560,0	5.800.712,0
2.018	889.547,0	3.529.068,3	4.351.319,7	485.579,6	5.133.186,7	5.739.848,0	6.284.677,4
2.019	906.499,0	3.622.489,7	4.506.311,3	521.743,8	5.569.422,0	5.717.001,0	6.390.560,3
2.020	933.079,0	3.856.128,7	4.524.032,3	534.432,8	5.838.222,0	5.984.310,0	6.575.057,2
2.021	926.088,0	3.840.397,0	4.488.940,0	540.012,6	5.897.282,0	6.013.780,0	6.266.890,5
2.022	964.060,0	4.026.600,0	4.746.286,0	545.195,2	6.344.998,0	6.246.461,0	6.427.791,8
2.023	961.650,0	4.121.520,3	4.932.875,7	600.217,2	6.496.310,0	6.250.854,0	6.279.111,8
2.024	947.766,0	3.993.037,0	4.980.347,0	702.579,9	5.887.043,0	6.342.750,0	6.349.733,1

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-14. Fermentación entérica: Datos de actividad (Cabezas de animales) para la subcategoría 3.A.2. Ovinos y 3.A.3. Porcinos para GEI y CN+CC

Año	3.A.2.a.i. Ovinos	3.A.3.a.i. Porcinos < 6 meses	3.A.3.a.ii. Porcinos > 6 meses	3.A.3.a.iii. Porcinos baja productividad
1.990	2.883.008,7	1.779.627,7	191.996,3	668.375,9
1.991	2.883.008,7	1.780.975,9	192.141,8	668.882,3
1.992	2.886.400,5	1.782.324,2	192.287,2	669.388,6
1.993	2.871.702,8	1.776.257,2	191.632,7	667.110,1
1.994	2.871.702,8	1.786.773,2	192.767,2	671.059,6
1.995	2.871.702,8	1.683.029,0	186.793,8	780.784,3
1.996	2.713.420,0	1.677.400,2	183.577,0	704.326,3
1.997	2.628.738,7	1.671.771,5	180.360,2	627.868,3
1.998	2.254.852,0	1.432.465,5	154.542,5	537.992,0
1.999	2.482.327,1	1.690.968,7	184.856,3	704.165,0
2.000	2.586.793,7	1.228.633,7	135.821,7	554.589,7
2.001	2.550.648,7	1.233.417,2	136.648,0	565.224,8

Año	3.A.2.a.i. Ovinos	3.A.3.a.i. Porcinos < 6 meses	3.A.3.a.ii. Porcinos > 6 meses	3.A.3.a.iii. Porcinos baja productividad
2.002	2.311.686,9	1.316.846,3	145.452,2	590.957,5
2.003	2.261.183,3	1.617.181,3	175.361,8	632.750,9
2.004	2.148.124,2	1.216.564,7	134.220,4	541.529,0
2.005	2.091.594,6	570.240,6	172.266,6	1.039.264,9
2.006	2.035.065,0	820.521,6	222.491,4	1.182.814,0
2.007	1.910.699,9	994.799,7	264.070,7	1.349.154,9
2.008	1.831.558,5	920.085,1	245.667,7	1.378.866,0
2.009	1.582.828,3	1.027.661,1	263.834,7	1.222.906,6
2.010	2.025.796,4	1.047.171,5	264.497,9	1.160.031,7
2.011	1.751.829,2	1.064.627,1	267.972,2	1.238.042,3
2.012	1.181.938,6	1.090.052,7	278.844,9	1.188.504,6
2.013	793.544,2	1.066.394,9	266.605,8	1.235.938,8
2.014	820.564,2	1.178.491,6	305.010,1	1.260.581,3
2.015	832.380,0	1.212.664,4	278.040,0	1.583.205,0
2.016	1.423.466,0	1.409.550,1	356.464,0	1.452.822,0
2.017	1.449.705,0	1.356.970,6	386.540,0	1.868.591,0
2.018	1.578.684,0	1.402.824,3	354.295,0	1.972.753,0
2.019	1.629.120,0	1.630.985,1	383.163,0	2.392.787,0
2.020	1.682.767,0	1.624.898,5	405.024,0	2.621.856,0
2.021	1.779.697,0	1.798.262,8	499.010,0	1.374.286,0
2.022	1.805.877,0	3.585.949,0	639.915,0	1.011.131,0
2.023	1.819.247,0	3.585.949,0	660.720,0	971.457,0
2.024	1.792.245,0	4.036.759,6	681.525,0	931.783,0

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-15. Fermentación entérica: Datos de actividad (Cabezas de animales) para la subcategoría 3.A.4. Otro ganado para GEI y CN+CC

Año	3.A.4.a. Búfalos	3.A.4.d. Caprinos	3.A.4.e. Caballos	3.A.4.f. Mulas y asnos	3.A.4.h.v.1. Ponedoras	3.A.4.h.v.2. Pollo de engorde
1.990	22.153,0	966.938,2	2.448.475,4	794.524,6	12.630.762,2	24.090.738,8
1.991	24.284,0	971.979,6	2.434.885,4	790.114,6	13.799.342,8	26.715.483,0
1.992	26.675,0	976.012,7	2.487.735,6	807.264,4	14.967.923,4	29.340.227,3
1.993	29.259,0	967.946,5	2.545.870,9	826.129,1	16.136.504,0	31.964.971,6
1.994	32.145,0	967.946,5	2.602.496,1	844.503,9	17.305.084,6	34.589.715,9
1.995	35.257,0	972.987,9	2.670.322,6	866.513,4	18.473.665,2	37.214.460,1
1.996	38.692,0	970.971,3	2.642.511,3	857.488,7	18.870.160,7	38.287.762,1
1.997	42.501,0	1.014.730,6	2.604.761,1	845.238,9	19.829.902,9	36.947.414,8
1.998	46.615,0	1.059.094,8	2.574.561,0	835.439,0	21.362.273,6	40.143.831,7
1.999	51.161,0	1.124.128,7	2.574.561,0	835.439,0	19.345.703,0	39.788.245,6
2.000	56.178,0	1.194.808,9	2.567.010,9	832.989,1	22.604.366,4	41.835.272,6
2.001	61.613,0	1.144.906,2	2.567.010,9	832.989,1	20.827.301,0	44.880.141,1
2.002	67.667,0	1.114.126,6	2.529.260,8	820.739,2	24.061.230,9	48.539.370,8
2.003	74.263,0	1.114.146,7	2.485.517,4	806.544,6	23.328.810,1	51.282.445,9
2.004	81.514,0	1.116.163,3	2.452.692,1	795.892,9	25.199.131,5	52.313.383,7
2.005	89.442,0	1.117.171,6	2.358.909,4	765.460,6	28.995.598,5	56.196.188,0
2.006	98.187,0	1.118.179,8	2.307.046,7	748.631,3	26.507.336,7	62.596.614,2
2.007	107.737,0	1.119.188,1	2.372.168,0	769.763,0	27.547.893,2	69.066.475,8
2.008	118.230,0	1.119.188,1	2.321.973,1	753.474,9	29.431.028,9	71.228.839,4
2.009	129.816,0	826.787,6	2.385.358,7	774.043,3	29.594.028,4	72.290.224,7
2.010	142.444,0	806.622,1	1.969.212,2	639.004,8	32.002.017,4	75.190.863,0
2.011	156.347,0	907.449,8	1.694.646,3	549.908,7	30.013.932,5	75.816.018,3
2.012	171.576,0	810.570,5	901.246,6	292.452,4	32.628.685,0	78.089.430,6
2.013	188.335,0	894.801,0	795.182,2	258.034,8	33.940.026,0	80.560.616,3
2.014	206.667,0	1.046.650,6	800.055,8	259.616,2	34.788.616,4	86.366.121,4
2.015	226.833,0	1.091.775,1	797.262,3	258.709,8	37.725.069,1	90.323.854,4
2.016	248.951,0	1.124.508,0	1.095.573,8	355.511,2	40.436.623,3	93.278.093,2
2.017	308.580,0	1.140.466,0	1.092.236,0	354.428,0	43.484.526,6	94.615.485,1
2.018	336.417,0	1.000.132,0	1.122.591,6	364.278,4	41.524.567,0	99.805.364,0
2.019	356.908,0	1.006.077,0	1.210.782,8	392.896,2	47.689.543,5	103.808.651,9

2.020	338.567,0	1.034.615,0	1.196.511,0	388.265,0	49.951.640,0	97.821.745,3
2.021	414.637,0	1.136.839,0	1.271.901,1	412.728,9	45.265.363,4	105.262.978,8
2.022	451.783,0	1.149.054,0	1.208.318,5	392.096,5	49.697.099,0	112.159.038,2
2.023	485.141,0	1.155.721,0	1.189.516,6	385.995,4	51.408.388,0	111.141.827,6
2.024	563.372,0	1.148.239,2	1.119.130,8	363.155,3	56.234.063,0	112.381.944,9

Fuente: Elaboración propia.

5.2.2.2 Factores de emisión aplicados en la categoría

Las emisiones de CH_4 por fermentación entérica en el presente inventario se fundamenta en la selección y aplicación de factores de emisión (FE) determinados bajo criterios de representatividad nacional, disponibilidad de datos de actividad desagregados y consistencia metodológica. Con el fin de reducir la incertidumbre, Colombia avanzó en la implementación de un enfoque híbrido que combina factores específicos de país (Country-Specific) y factores predeterminados (Default) de las Directrices del IPCC de 2006 y su Refinamiento de 2019 (IPCC, 2019).

La selección de los factores de emisión según la subcategoría de ganado se describe a continuación:

- Para subcategoría de bovinos (3.A.1), que representa la fuente principal de emisiones del sector ganadero en el país, se aplicaron factores de emisión de Nivel 2. Estos factores fueron calculados dinámicamente para cada año de la serie temporal mediante el modelo nacional «AFOLU 1 Colombia. En la Tabla 5-17 se presentan los factores de emisión para cada tipo de animales en cada región, en la Tabla 5-16 se presentan las tasas de conversión media de CH_4 (Ym) y en el Anexo 5.1. Modelo AFOLU 1 Colombia (3.A. y 3.B.)se presenta la información adicional a nivel nacional, tal como se requiere en las tablas CRT.
- En el caso de la subcategoría de porcinos (3.A.3), se empleó un enfoque de Nivel 1 avanzado. Si bien los factores de emisión corresponden a los valores por defecto establecidos en la Tabla 10.10 del Refinamiento de 2019 de las Directrices del IPCC de 2006, estos no se aplicaron de manera agregada. El inventario nacional incorporó factores diferenciados a partir de una desagregación estructural del sistema productivo porcino (3.A.3.a.i; 3.A.3.a.ii y 3.A.3.a.iii).
- Para las subcategorías de Ovinos (3.A.2) y Otro ganado (3.A.4), se adoptaron los factores de emisión por defecto recomendados por el IPCC (2006/2019) para regiones en desarrollo y clima tropical. El uso de estos factores se justifica por la menor contribución relativa de estas especies al inventario nacional y las limitaciones actuales en la caracterización cinética de sus dietas a nivel nacional.

Nota Metodológica sobre Aves de Corral: Se aclara que para las subcategorías de aves de corral (3.A.4.h.v.1 y 3.A.4.h.v.2) no se estimaron emisiones (NE), debido a que las directrices internacionales vigentes no definen factores de emisión por fermentación entérica para este grupo, considerando este flujo como fisiológicamente no significativo.

Los valores específicos de los factores de emisión aplicados y las variables asociadas a su estimación para toda la serie histórica (1990–2024) se encuentran detallados formalmente en los Anexo 5.1. Modelo AFOLU 1 Colombia (3.A. y 3.B.) o las CRT adjuntas a este informe.

Tabla 5-16. Fermentación entérica-Bovinos: Tasas de conversión media de CH_4 (Ym)

Categoría IPCC	Caribe húmedo	Caribe Seco	Cundiboyacense	Eje Cafetero y Valle del Cauca	Magdalena Medio	Orinoquía	Santanderes	Selvas Tropicales e Islas	Sur Centro	Sur Occidente
3.A.1.a.iv.1. Vacas de alta Producción	NA	NA	6,25	6,23	NA	NA	NA	NA	NA	7,37
3.A.1.a.iv.2. Vacas de baja producción	7,74	7,61	6,75	6,94	7,77	7,51	7,29	8,16	7,72	7,47
3.A.1.a.iv.3. Vacas para producción de carne	7,72	7,55	7,59	7,76	8,53	7,75	7,78	7,80	7,91	7,68
3.A.1.a.iv.4. Toros utilizados con fines reproductivos	7,64	7,28	8,18	7,38	8,67	7,32	7,23	7,45	7,62	7,44
3.A.1.a.iv.5. Terneros pre-destetos	8,71	9,34	8,04	8,52	9,40	9,61	8,22	9,29	8,35	8,37
3.A.1.a.iv.6. Novillas de reemplazo	8,65	8,56	9,12	8,54	9,25	8,62	8,20	8,53	8,39	8,39
3.A.1.a.iv.7. Ganado de engorde	9,00	8,62	8,90	8,20	9,36	9,35	8,70	9,47	8,00	8,67

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-17. Fermentación entérica: factores de emisión de GEI, CN+CC

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad
3.A.1.a.iv.1. Vacas de alta Producción (Caribe húmedo)	Proyecto Biocarbono Orinoquia	2	CS	CH_4	NA	NA
3.A.1.a.iv.1. Vacas de alta Producción (Caribe Seco)	Proyecto Biocarbono Orinoquia	2	CS	CH_4	NA	NA
3.A.1.a.iv.1. Vacas de alta Producción (Cundiboyacense)	Proyecto Biocarbono Orinoquia	2	CS	CH_4	82,97	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}
3.A.1.a.iv.1. Vacas de alta Producción (Eje Cafetero y Valle del Cauca)	Proyecto Biocarbono Orinoquia	2	CS	CH_4	83,6	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}
3.A.1.a.iv.1. Vacas de alta Producción (Magdalena Medio)	Proyecto Biocarbono Orinoquia	2	CS	CH_4	NA	NA
3.A.1.a.iv.1. Vacas de alta Producción (Orinoquía)	Proyecto Biocarbono Orinoquia	2	CS	CH_4	NA	NA
3.A.1.a.iv.1. Vacas de alta Producción (Santanderes)	Proyecto Biocarbono Orinoquia	2	CS	CH_4	NA	NA

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad
3.A.1.a.iv.1. Vacas de alta Producción (Selvas tropicales e Islas)	Proyecto Biocarbono Orinoquia	2	CS	CH_4	NA	NA
3.A.1.a.iv.1. Vacas de alta Producción (Sur Centro)	Proyecto Biocarbono Orinoquia	2	CS	CH_4	NA	NA
3.A.1.a.iv.1. Vacas de alta Producción (Sur Occidente)	Proyecto Biocarbono Orinoquia	2	CS	CH_4	79,29	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}
3.A.1.a.iv.2. Vacas de baja producción (Caribe húmedo)	Proyecto Biocarbono Orinoquia	2	CS	CH_4	68,13	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}
3.A.1.a.iv.2. Vacas de baja producción (Caribe Seco)	Proyecto Biocarbono Orinoquia	2	CS	CH_4	62,73	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}
3.A.1.a.iv.2. Vacas de baja producción (Cundiboyacense)	Proyecto Biocarbono Orinoquia	2	CS	CH_4	71,29	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}
3.A.1.a.iv.2. Vacas de baja producción (Eje Cafetero y Valle del Cauca)	Proyecto Biocarbono Orinoquia	2	CS	CH_4	76,1	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}
3.A.1.a.iv.2. Vacas de baja producción (Magdalena Medio)	Proyecto Biocarbono Orinoquia	2	CS	CH_4	61,99	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}
3.A.1.a.iv.2. Vacas de baja producción (Orinoquía)	Proyecto Biocarbono Orinoquia	2	CS	CH_4	70,56	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}
3.A.1.a.iv.2. Vacas de baja producción (Santanderes)	Proyecto Biocarbono Orinoquia	2	CS	CH_4	72,13	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}
3.A.1.a.iv.2. Vacas de baja producción (Selvas tropicales e Islas)	Proyecto Biocarbono Orinoquia	2	CS	CH_4	60,26	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}
3.A.1.a.iv.2. Vacas de baja producción (Sur Centro)	Proyecto Biocarbono Orinoquia	2	CS	CH_4	70,63	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}
3.A.1.a.iv.2. Vacas de baja producción (Sur Occidente)	Proyecto Biocarbono Orinoquia	2	CS	CH_4	69	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad
3.A.1.a.iv.3. Vacas para producción de carne (Caribe húmedo)	Proyecto Biocarbono Orinoquia	2	CS	CH_4	66,1	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}
3.A.1.a.iv.3. Vacas para producción de carne (Caribe Seco)	Proyecto Biocarbono Orinoquia	2	CS	CH_4	72,03	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}
3.A.1.a.iv.3. Vacas para producción de carne (Cundiboyacense)	Proyecto Biocarbono Orinoquia	2	CS	CH_4	71,8	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}
3.A.1.a.iv.3. Vacas para producción de carne (Eje Cafetero y Valle del Cauca)	Proyecto Biocarbono Orinoquia	2	CS	CH_4	78,56	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}
3.A.1.a.iv.3. Vacas para producción de carne (Magdalena Medio)	Proyecto Biocarbono Orinoquia	2	CS	CH_4	76,96	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}
3.A.1.a.iv.3. Vacas para producción de carne (Orinoquía)	Proyecto Biocarbono Orinoquia	2	CS	CH_4	70,71	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}
3.A.1.a.iv.3. Vacas para producción de carne (Santanderes)	Proyecto Biocarbono Orinoquia	2	CS	CH_4	69,07	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}
3.A.1.a.iv.3. Vacas para producción de carne (Selvas tropicales e Islas)	Proyecto Biocarbono Orinoquia	2	CS	CH_4	66,78	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}
3.A.1.a.iv.3. Vacas para producción de carne (Sur Centro)	Proyecto Biocarbono Orinoquia	2	CS	CH_4	68,18	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}
3.A.1.a.iv.3. Vacas para producción de carne (Sur Occidente)	Proyecto Biocarbono Orinoquia	2	CS	CH_4	69,94	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}
3.A.1.a.iv.4. Toros utilizados con fines reproductivos (Caribe húmedo)	Proyecto Biocarbono Orinoquia	2	CS	CH_4	74,22	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}
3.A.1.a.iv.4. Toros utilizados con fines reproductivos (Caribe Seco)	Proyecto Biocarbono Orinoquia	2	CS	CH_4	78,4	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad
3.A.1.a.iv.4. Toros utilizados con fines reproductivos (Cundiboyacense)	Proyecto Biocarbono Orinoquia	2	CS	CH_4	76,22	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}
3.A.1.a.iv.4. Toros utilizados con fines reproductivos (Eje Cafetero y Valle del Cauca)	Proyecto Biocarbono Orinoquia	2	CS	CH_4	69,31	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}
3.A.1.a.iv.4. Toros utilizados con fines reproductivos (Magdalena Medio)	Proyecto Biocarbono Orinoquia	2	CS	CH_4	74,05	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}
3.A.1.a.iv.4. Toros utilizados con fines reproductivos (Orinoquía)	Proyecto Biocarbono Orinoquia	2	CS	CH_4	80,83	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}
3.A.1.a.iv.4. Toros utilizados con fines reproductivos (Santanderes)	Proyecto Biocarbono Orinoquia	2	CS	CH_4	77,64	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}
3.A.1.a.iv.4. Toros utilizados con fines reproductivos (Selvas tropicales e Islas)	Proyecto Biocarbono Orinoquia	2	CS	CH_4	73,68	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}
3.A.1.a.iv.4. Toros utilizados con fines reproductivos (Sur Centro)	Proyecto Biocarbono Orinoquia	2	CS	CH_4	73,82	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}
3.A.1.a.iv.4. Toros utilizados con fines reproductivos (Sur Occidente)	Proyecto Biocarbono Orinoquia	2	CS	CH_4	75,13	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}
3.A.1.a.iv.5. Terneros pre-destetos (Caribe húmedo)	Proyecto Biocarbono Orinoquia	2	CS	CH_4	15,46	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}
3.A.1.a.iv.5. Terneros pre-destetos (Caribe Seco)	Proyecto Biocarbono Orinoquia	2	CS	CH_4	16,78	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}
3.A.1.a.iv.5. Terneros pre-destetos (Cundiboyacense)	Proyecto Biocarbono Orinoquia	2	CS	CH_4	18,46	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}
3.A.1.a.iv.5. Terneros pre-destetos (Eje Cafetero y Valle del Cauca)	Proyecto Biocarbono Orinoquia	2	CS	CH_4	20,55	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad
3.A.1.a.iv.5. Terneros pre-destetos (Magdalena Medio)	Proyecto Biocarbono Orinoquia	2	CS	CH_4	20,66	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}
3.A.1.a.iv.5. Terneros pre-destetos (Orinoquía)	Proyecto Biocarbono Orinoquia	2	CS	CH_4	19,18	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}
3.A.1.a.iv.5. Terneros pre-destetos (Santanderes)	Proyecto Biocarbono Orinoquia	2	CS	CH_4	17,53	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}
3.A.1.a.iv.5. Terneros pre-destetos (Selvas tropicales e Islas)	Proyecto Biocarbono Orinoquia	2	CS	CH_4	17,86	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}
3.A.1.a.iv.5. Terneros pre-destetos (Sur Centro)	Proyecto Biocarbono Orinoquia	2	CS	CH_4	18,65	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}
3.A.1.a.iv.5. Terneros pre-destetos (Sur Occidente)	Proyecto Biocarbono Orinoquia	2	CS	CH_4	16,64	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}
3.A.1.a.iv.6. Novillas de reemplazo (Caribe húmedo)	Proyecto Biocarbono Orinoquia	2	CS	CH_4	58,37	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}
3.A.1.a.iv.6. Novillas de reemplazo (Caribe Seco)	Proyecto Biocarbono Orinoquia	2	CS	CH_4	57,08	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}
3.A.1.a.iv.6. Novillas de reemplazo (Cundiboyacense)	Proyecto Biocarbono Orinoquia	2	CS	CH_4	61,11	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}
3.A.1.a.iv.6. Novillas de reemplazo (Eje Cafetero y Valle del Cauca)	Proyecto Biocarbono Orinoquia	2	CS	CH_4	63,79	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}
3.A.1.a.iv.6. Novillas de reemplazo (Magdalena Medio)	Proyecto Biocarbono Orinoquia	2	CS	CH_4	64,7	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}
3.A.1.a.iv.6. Novillas de reemplazo (Orinoquía)	Proyecto Biocarbono Orinoquia	2	CS	CH_4	57,97	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad
3.A.1.a.iv.6. Novillas de reemplazo (Santanderes)	Proyecto Biocarbono Orinoquia	2	CS	CH_4	60,04	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}
3.A.1.a.iv.6. Novillas de reemplazo (Selvas tropicales e Islas)	Proyecto Biocarbono Orinoquia	2	CS	CH_4	57,08	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}
3.A.1.a.iv.6. Novillas de reemplazo (Sur Centro)	Proyecto Biocarbono Orinoquia	2	CS	CH_4	63,03	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}
3.A.1.a.iv.6. Novillas de reemplazo (Sur Occidente)	Proyecto Biocarbono Orinoquia	2	CS	CH_4	59,34	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}
3.A.1.a.iv.7. Ganado de engorde (Caribe húmedo)	Proyecto Biocarbono Orinoquia	2	CS	CH_4	54,89	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}
3.A.1.a.iv.7. Ganado de engorde (Caribe Seco)	Proyecto Biocarbono Orinoquia	2	CS	CH_4	56,44	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}
3.A.1.a.iv.7. Ganado de engorde (Cundiboyacense)	Proyecto Biocarbono Orinoquia	2	CS	CH_4	63,84	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}
3.A.1.a.iv.7. Ganado de engorde (Eje Cafetero y Valle del Cauca)	Proyecto Biocarbono Orinoquia	2	CS	CH_4	57,29	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}
3.A.1.a.iv.7. Ganado de engorde (Magdalena Medio)	Proyecto Biocarbono Orinoquia	2	CS	CH_4	63,27	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}
3.A.1.a.iv.7. Ganado de engorde (Orinoquía)	Proyecto Biocarbono Orinoquia	2	CS	CH_4	51,09	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}
3.A.1.a.iv.7. Ganado de engorde (Santanderes)	Proyecto Biocarbono Orinoquia	2	CS	CH_4	56,56	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}
3.A.1.a.iv.7. Ganado de engorde (Selvas tropicales e Islas)	Proyecto Biocarbono Orinoquia	2	CS	CH_4	49,5	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad
3.A.1.a.iv.7. Ganado de engorde (Sur Centro)	Proyecto Biocarbono Orinoquia	2	CS	CH_4	50,56	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}
3.A.1.a.iv.7. Ganado de engorde (Sur Occidente)	Proyecto Biocarbono Orinoquia	2	CS	CH_4	56,27	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}
3.A.2.a.i. Ovinos	IPCC – 2019, Volumen 4, Capítulo 10, Cuadro 10.10	1	D	CH_4	5	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}
3.A.3.a.i. Porcinos < 6 meses	IPCC – 2019, Volumen 4, Capítulo 10, Cuadro 10.10	1a	D	CH_4	1,5	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}
3.A.3.a.ii. Porcinos > 6 meses	IPCC – 2019, Volumen 4, Capítulo 10, Cuadro 10.10	1a	D	CH_4	1,5	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}
3.A.3.a.iii. Porcinos baja productividad	IPCC – 2019, Volumen 4, Capítulo 10, Cuadro 10.10	1a	D	CH_4	1	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}
3.A.4.a. Búfalos	IPCC – 2019, Volumen 4, Capítulo 10, Cuadro 10.11	1	D	CH_4	68	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}
3.A.4.d. Caprinos	IPCC – 2019, Volumen 4, Capítulo 10, Cuadro 10.10	1	D	CH_4	5	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}
3.A.4.e. Caballos	IPCC – 2019, Volumen 4, Capítulo 10, Cuadro 10.10	1	D	CH_4	18	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}
3.A.4.f. Mulas y asnos	IPCC – 2019, Volumen 4, Capítulo 10, Cuadro 10.10	1	D	CH_4	10	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}

Fuente: Elaboración propia.

5.2.3 Descripción de flexibilidad aplicada en la categoría

Para la categoría de Fermentación Entérica (3.A), Colombia no se acoge a ninguna de las disposiciones de flexibilidad contempladas en el marco internacional. El país ha generado estimaciones completas y consistentes que cubren la totalidad de la serie temporal (1990–2024) y ha alcanzado niveles metodológicos avanzados (incluyendo metodologías de Nivel 2 para las fuentes principales de emisión).

5.2.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría

Tabla 5-18. Resultados de incertidumbre (%) por propagación del error para 3.A. Fermentación entérica

Subcategoría	Cont	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
3.A. Fermentación entérica	CH4	8,6	8,6	6,5	6,6	4,8	5,2	3,3	3,7	3,5	3,5	3,5
3.A.1. Ganado	CH4	9,2	9,2	6,9	6,9	5,0	5,4	3,4	3,9	3,7	3,7	3,7
3.A.1.a.iv. Otros	CH4	9,2	9,2	6,9	6,9	5,0	5,4	3,4	3,9	3,7	3,7	3,7
3.A.1.a.iv.1. Vacas de alta Producción	CH4	26,1	26,1	21,4	21,4	15,8	15,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8
3.A.1.a.iv.2. Vacas de baja producción	CH4	21,5	21,5	17,5	17,5	13,5	13,5	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6
3.A.1.a.iv.3. Vacas para producción de carne	CH4	19,5	19,5	15,4	15,4	13,5	13,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5
3.A.1.a.iv.4. Toros utilizados con fines reproductivos	CH4	25,0	25,0	18,0	18,0	14,6	17,7	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8
3.A.1.a.iv.5. Terneros pre-destetos	CH4	21,2	21,2	15,6	15,6	11,7	15,4	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5
3.A.1.a.iv.6. Novillas de reemplazo	CH4	19,5	19,5	14,6	14,6	11,0	11,0	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8
3.A.1.a.iv.7. Ganado de engorde	CH4	20,5	20,5	14,9	14,9	11,0	11,0	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8
3.A.2. Ovinos	CH4	25,6	25,6	17,7	17,7	15,1	15,1	11,9	11,9	11,9	11,9	11,9
3.A.2.a. Otro	CH4	25,6	25,6	17,7	17,7	15,1	15,1	11,9	11,9	11,9	11,9	11,9
3.A.3. Porcinos	CH4	18,5	18,2	13,5	13,8	10,7	11,1	9,5	8,2	8,7	8,6	8,8
3.A.3.a. Otro	CH4	18,5	18,2	13,5	13,8	10,7	11,1	9,5	8,2	8,7	8,6	8,8
3.A.3.a.i. Porcinos < 6 meses	CH4	23,9	23,9	17,5	17,5	14,3	14,3	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2
3.A.3.a.ii. Porcinos > 6 meses	CH4	23,6	23,6	17,2	17,2	14,1	14,1	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2
3.A.3.a.iii. Porcinos baja productividad	CH4	30,5	30,5	24,4	24,4	20,9	20,9	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5
3.A.4. Otro ganado	CH4	20,7	20,6	14,6	14,0	9,9	8,8	6,2	6,2	6,2	6,3	6,4
3.A.4.a. Búfalos	CH4	30,1	30,1	19,5	19,5	15,4	15,4	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6
3.A.4.d. Caprinos	CH4	32,0	32,0	25,0	25,0	17,7	17,7	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5
3.A.4.e. Caballos	CH4	26,6	26,6	19,5	19,5	14,6	14,6	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8
3.A.4.f. Mulas y asnos	CH4	32,0	32,0	23,0	23,0	16,0	16,0	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 5-18 se presentan los resultados de incertidumbre para la categoría 3.A. Fermentación entérica en los años seleccionados del periodo 1990-2024. Las emisiones de esta categoría corresponden exclusivamente a CH_4. Para los años analizados, la incertidumbre promedio fue de ±5,62 %.

En 1990, la incertidumbre fue de ±8,6 %, mientras que en 2024 alcanzó ±3,5 %, lo que representa una reducción relativa del 59,30 %, equivalente a 5,1 puntos porcentuales. La reducción se produjo principalmente entre 1995 y 2020, periodo en el que la incertidumbre disminuyó de ±8,6 % a ±3,3 %. Entre 2021 y 2024 se mantuvo relativamente estable, con valores entre ±3,5 % y ±3,7 %.

Para 3.A.1. Ganado, la incertidumbre promedio fue de ±5,55 % y disminuyó de ±9,2 % en 1990 a ±3,7 % en 2024, lo que representa una reducción relativa del 59,78 %. Los resultados de esta subcategoría coinciden con los reportados para 3.A.1.a.iv. Otros, donde se agrupan las diferentes clases de ganado bovino.

En 2024, entre las clases de ganado bovino, las mayores incertidumbres correspondieron a las vacas de alta producción y los toros utilizados con fines reproductivos, ambas con ±10,8 %. Les siguieron las vacas de baja producción, con ±9,6 %; las vacas para producción de carne y los terneros predestetos, con ±8,5 %; y las novillas de reemplazo y el ganado de engorde, con ±7,8 %. Todas las clases presentaron reducciones importantes frente a 1990.

Para 3.A.2. Ovinos, la incertidumbre promedio fue de ±16,03 % y disminuyó de ±25,6 % en 1990 a ±11,9 % en 2024, equivalente a una reducción del 53,52 %. En 3.A.3. Porcinos, la incertidumbre promedio fue de ±11,78 % y pasó de ±18,5 % a ±8,8 %, con una reducción del 52,43 %. Dentro de esta última subcategoría, los porcinos de baja productividad presentaron la mayor incertidumbre en 2024, con ±17,5 %.

La subcategoría 3.A.4. Otro ganado presentó una incertidumbre promedio de ±10,90 %. Esta disminuyó de ±20,7 % en 1990 a ±6,4 % en 2024, lo que representa una reducción del 69,08 %. Entre sus componentes, las mayores incertidumbres en 2024 correspondieron a los caprinos, con ±13,5 %; las mulas y los asnos, con ±11,7 %; los caballos, con ±10,8 %; y los búfalos, con ±9,6 %.

5.2.5 AC/CC de la categoría

De manera adicional a las actividades transversales de control y aseguramiento de calidad aplicadas a la totalidad del inventario, para las categorías del sector Agricultura se implementaron los siguientes procedimientos específicos, orientados a garantizar la calidad y la coherencia de los resultados reportados:

- Integridad de las bases de datos: Se verificó la integridad y consistencia de las bases de datos B0, B2, F2 y SectorCal, consolidadas conforme a la estructura estandarizada del inventario para la totalidad de las subcategorías del sector estimadas en el presente ciclo de reporte, garantizando que los datos de actividad y demás parámetros utilizados en el cálculo se ajustaran a los formatos definidos y estuvieran debidamente documentados.
- Homogenización de series históricas: Para determinadas categorías del sector, en las que se identificaron cambios en las fuentes de información, en las metodologías de captura o en la desagregación de los datos de actividad a lo largo del tiempo, se aplicaron procedimientos de homogenización orientados a garantizar la coherencia y la consistencia metodológica de la serie histórica utilizada en la estimación de emisiones.
- Comparación con ciclos anteriores del inventario: Se compararon los resultados de emisiones obtenidos en el presente ciclo con los reportados en los ciclos anteriores del inventario, a nivel de subcategoría y de serie histórica, con el fin de identificar variaciones significativas y justificar técnicamente su origen, ya sea que respondan a cambios metodológicos, a la actualización de datos de actividad, o a otras causas identificadas durante el proceso de revisión.
- Articulación con actores del sector: Dada la naturaleza de las fuentes agropecuarias que integran esta categoría, la estimación de emisiones se desarrolló en estrecha articulación con las entidades del sector agropecuario asociadas a los distintos sistemas productivos cubiertos, con el fin de contrastar la información de actividad utilizada y validar la coherencia de los resultados frente al conocimiento técnico de las prácticas productivas representadas.
- Socialización y divulgación de resultados: Los resultados de emisiones del sector fueron socializados con los actores técnicos del sector, tanto institucionales como gremiales, en espacios de divulgación orientados al fortalecimiento de capacidades y a la identificación conjunta de opciones de mejora, así como a la retroalimentación de las estimaciones presentadas en el marco del presente ciclo de reporte.

5.2.6 Nuevos cálculos de la categoría

En el presente reporte (BTR2) se realizaron recálculos de la serie histórica de emisiones de CH_4 por fermentación entérica para el periodo 1990–2021, y se incluyeron las estimaciones correspondientes a los años 2022, 2023 y 2024. Las modificaciones en las cifras respecto al informe anterior (BTR1) se sustentan en una rigurosa revisión técnica, destacando la optimización de los datos de actividad históricos mediante la aplicación exhaustiva del método de empalme por superposición parcial (overlap) (Figura 5-11).

El impacto neto de estos nuevos cálculos modificó tanto el volumen total reportado como la pendiente de la tendencia histórica de la categoría 3.A. Los recálculos causaron un incremento inicial en las emisiones totales de Fermentación Entérica para el año 1990 de 2.723,41 kt CO_2eq (+8,89%) y para 1995 de 4.071,66 kt CO_2eq (+13,16%), inducido casi en su totalidad por la revisión de la subcategoría Bovinos (3.A.1). Contrariamente, para los años 2005 y 2010 se presentó una reducción de -643,87 kt CO_2eq (-1,81%) y -1.371,51 kt CO_2eq (-3,69%), respectivamente. Al cierre de la serie compartida (2021), el desfase neto total fue de apenas +78,11 kt CO_2eq (+0,18%), lo que demuestra una alta convergencia en los años recientes (Tabla 5-19).

La Fermentación Entérica constituye la categoría dominante del sector Agricultura (3.) en el país. En consecuencia, el efecto de los recálculos sobre el total reportado en dicho sector replica la tendencia observada

en la subcategoría bovina (3.A.1). El impacto máximo sobre el total sectorial ocurrió en el año 1995 con un incremento ponderado del 10,08%, mientras que la mayor reducción sectorial neta se registró en el año 2010 con un -2,84%.

Es importante resaltar que, en el BTR1, la Fermentación Entérica exhibía un crecimiento abrupto entre los años 2000 y 2005 (pasando de 32.303,10 a 35.643,15 kt CO_2eq). Con los nuevos cálculos implementados en el BTR2, la curva de emisiones se ha suavizado y homogeneizado, reflejando una transición más realista y consistente en el comportamiento del inventario ganadero nacional: las emisiones ahora se sitúan en 33.441,67 kt CO_2eq para el año 2000 y avanzan de manera progresiva hacia 34.999,28 kt CO_2eq en el año 2005.

Finalmente, la inclusión de los datos sectoriales para el periodo reciente (2022–2024) confirma la estabilización y una ligera tendencia al alza del sector ganadero colombiano, alcanzando un máximo histórico de 47.131,29 kt CO_2eq en el año 2024.

Tabla 5-19. Fermentación entérica: Comparación entre el inventario anterior (BTR1) y el inventario actual (BTR2) (kt CO_2eq)

Subcategoría	Reporte	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021
3.A.1. Bovinos	BTR1	28.687,94	28.789,22	30.164,39	34.292,20	35.663,72	34.769,79	42.912,75	42.401,96
3.A.1. Bovinos	BTR2	31.230,81	32.726,67	31.205,44	32.916,23	33.858,44	34.857,40	43.006,47	42.493,49
3.A.1. Bovinos	Diferencia	2.542,87	3.937,45	1.041,06	-1.375,97	-1.805,29	87,61	93,72	91,53
3.A.1. Bovinos	Diferencia (%)	8,86	13,68	3,45	-4,01	-5,06	0,25	0,22	0,22
3.A.1. Bovinos	**Efecto en total de subcategoría 3.A (%)**	**8,30**	**12,72**	**3,22**	**-3,86**	**-4,86**	**0,24**	**0,21**	**0,21**
3.A.1. Bovinos	**Efecto en total neto de subcategoría 3.A (%)**	**8,30**	**12,72**	**3,22**	**-3,86**	**-4,86**	**0,24**	**0,21**	**0,21**
3.A.2. Ovinos	BTR1	356,58	355,60	320,32	220,26	214,17	184,55	235,59	249,16
3.A.2. Ovinos	BTR2	403,62	402,04	362,15	292,82	283,61	116,53	235,59	249,16
3.A.2. Ovinos	Diferencia	47,04	46,44	41,83	72,56	69,44	-68,02	-	-
3.A.2. Ovinos	Diferencia (%)	13,19	13,06	13,06	32,95	32,42	-36,86	-	-
3.A.2. Ovinos	**Efecto en total de subcategoría 3.A (%)**	**0,15**	**0,15**	**0,13**	**0,20**	**0,19**	**-0,19**	**-**	**-**
3.A.2. Ovinos	**Efecto en total neto de subcategoría 3.A (%)**	**0,15**	**0,15**	**0,13**	**0,20**	**0,19**	**-0,19**	**-**	**-**
3.A.3. Porcinos	BTR1	101,52	100,39	72,84	60,28	87,57	106,94	158,67	134,97
3.A.3. Porcinos	BTR2	101,52	100,39	72,84	60,28	87,57	106,94	158,67	134,97
3.A.3. Porcinos	Diferencia	-0,00	0,00	0,00	-0,00	0,00	-0,00	-0,00	-0,00
3.A.3. Porcinos	Diferencia (%)	-0,00	0,00	0,00	-0,00	0,00	-0,00	-0,00	-0,00
3.A.3. Porcinos	**Efecto en total de subcategoría 3.A (%)**	**-0,00**	**0,00**	**0,00**	**-0,00**	**0,00**	**-0,00**	**-0,00**	**-0,00**
3.A.3. Porcinos	**Efecto en total neto de subcategoría 3.A (%)**	**-0,00**	**0,00**	**0,00**	**-0,00**	**0,00**	**-0,00**	**-0,00**	**-0,00**
3.A.4. Otro ganado	BTR1	1.500,54	1.704,07	1.745,56	1.070,41	1.191,21	1.300,68	1.493,76	1.718,64
3.A.4. Otro ganado	BTR2	1.634,05	1.791,85	1.801,24	1.729,94	1.555,54	1.058,99	1.501,23	1.705,23
3.A.4. Otro ganado	Diferencia	133,50	87,78	55,67	659,53	364,33	-241,68	7,47	-13,41
3.A.4. Otro ganado	Diferencia (%)	8,90	5,15	3,19	61,61	30,59	-18,58	0,50	-0,78
3.A.4. Otro ganado	**Efecto en total de subcategoría 3.A (%)**	**0,44**	**0,28**	**0,17**	**1,85**	**0,98**	**-0,66**	**0,02**	**-0,03**
3.A.4. Otro ganado	**Efecto en total neto de subcategoría 3.A (%)**	**0,44**	**0,28**	**0,17**	**1,85**	**0,98**	**-0,66**	**0,02**	**-0,03**
3.A. Fermentación entérica	BTR1	30.646,59	30.949,29	32.303,10	35.643,15	37.156,68	36.361,96	44.800,77	44.504,73
3.A. Fermentación entérica	BTR2	33.370,00	35.020,95	33.441,67	34.999,28	35.785,17	36.139,87	44.901,96	44.582,84
3.A. Fermentación entérica	Diferencia	2.723,41	4.071,66	1.138,56	-643,87	-1.371,51	-222,09	101,19	78,11
3.A. Fermentación entérica	Diferencia (%)	8,89	13,16	3,52	-1,81	-3,69	-0,61	0,23	0,18
3.A. Fermentación entérica	**Efecto en total de subcategoría 3 (%)**	**6,89**	**10,08**	**2,70**	**-1,38**	**-2,84**	**-0,46**	**0,17**	**0,13**
3.A. Fermentación entérica	**Efecto en total neto de subcategoría 3 (%)**	**6,89**	**10,08**	**2,70**	**-1,38**	**-2,84**	**-0,46**	**0,17**	**0,13**

Subcategoría	Reporte	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021
3. Agricultura	**BTR1**	**39.527,55**	**40.388,05**	**42.203,43**	**46.649,91**	**48.233,57**	**48.335,13**	**58.642,66**	**57.957,85**
3. Agricultura	**BTR2**	**40.175,9**	**41.412,8**	**40.771,6**	**42.919,9**	**44.818,5**	**45.895,5**	**56.187,1**	**55.163,3**
3. Agricultura	**Diferencia**	**648,4**	**1.024,7**	**-1.431,9**	**-3.730,0**	**-3.415,1**	**-2.439,6**	**-2.455,6**	**-2.794,5**
3. Agricultura	**Diferencia (%)**	**1,6**	**2,5**	**-3,4**	**-8,0**	**-7,1**	**-5,0**	**-4,2**	**-4,8**

Fuente: Elaboración propia.

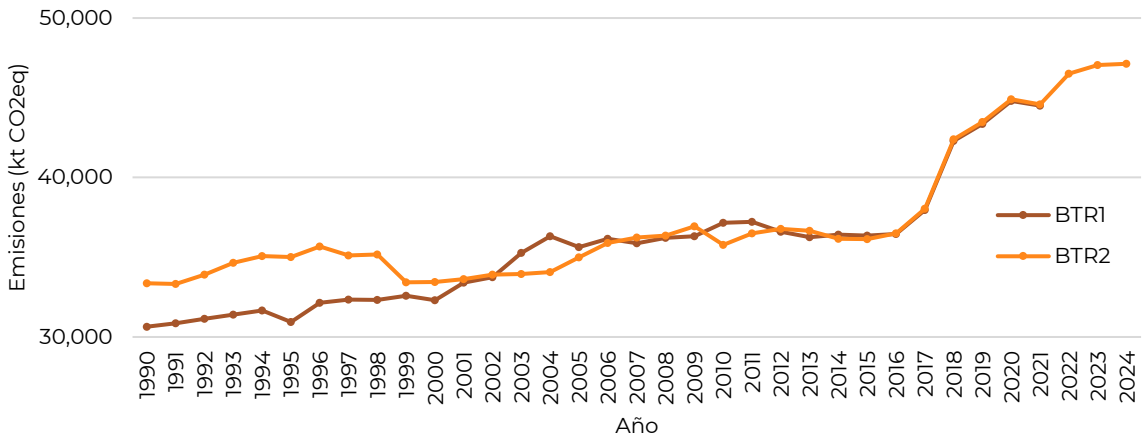


Figura 5-11. Fermentación entérica: Recálculos de GEI (kt CO_2eq), 1990-2024.

Fuente: Elaboración propia.

5.2.7 Mejoras planeadas de la categoría

A continuación (Tabla 5-20), se presenta el plan de mejora diseñado para esta subcategoría, orientado a fortalecer la calidad de los datos, reducir los niveles de incertidumbre y optimizar los procesos metodológicos en los próximos ciclos de reporte.

Tabla 5-20. Fermentación entérica: Plan de mejora

Subcategoría	Actividad propuesta de mejora	Periodo	Actores	Priorización
3.A.1 Bovinos	Revisión general del modelo AFOLU 1 para actualización de los Ym (factor por región y grupo etario).	1990 - 2026	Ideam; universidades; Agrosavia; CIAT	BTR3 - 2028
	Recolectar datos para modelar los factores de emisión de fermentación entérica en el ganado bovino, a lo largo del tiempo. Este debe incluir la caracterización de animales, los sistemas de producción, las dietas y otros parámetros importantes.	1990 - 2028	Ideam; universidades; Agrosavia; CIAT	BTR4 - 2030
	Recolectar y sistematizar datos longitudinales sobre sistemas de producción ganadera, prácticas de alimentación y otras variables clave que afectan las emisiones de la fermentación entérica.	1990 - 2028	Ideam; universidades; Agrosavia; CIAT	BTR4 - 2030
	Mejorar los canales de comunicación con investigadores a nivel nacional para proporcionar directrices sobre los requerimientos de factores de emisión, incluyendo mediciones directas de CH_4 por fermentación entérica.	1990 - 2028	Ideam; universidades; Agrosavia; CIAT; otros centros de investigación	BTR4 - 2030
	Analizar los datos de mediciones directas de CH_4 entérico en ganado bovino proporcionados por	1990 - 2030	Ideam; universida	BTR5 - 2032

Subcategoría	Actividad propuesta de mejora	Periodo	Actores	Priorización
	universidades centros de investigación y/o asociaciones nacionales con el fin de desarrollar un modelo de nivel 3 esto implica mejorar la comunicación entre las distintas instituciones y establecer acuerdos para acceder a la información necesaria para los cálculos.		des; Agrosavia; CIAT; otros centros de investigación	
	Llevar a cabo revisiones bibliográficas para identificar modelos específicos que estimen los requerimientos energéticos de terneros pre-destete e integrar estas ecuaciones en el modelo de fermentación entérica.	1990 - 2028	Ideam; Centros de investigación	BTR4 - 2030
	Mejorar la estimación del requerimiento de energía neta para la gestación incorporando variables como el peso al nacer y la duración de la gestación, que no son consideradas en la ecuación 10.13 del IPCC.	1990 - 2028	Ideam; universidades; centros de investigación; gremios	BTR4 - 2030
	Revisar e integrar la actualización de la base de datos de recursos alimenticios del trópico (AlimenTro) para identificar dietas a diferentes escalas espaciales e incorporarlas en el modelo de fermentación entérica.	1990 - 2026	Ideam; Agrosavia	BTR3 - 2028
3.A.2 Oveja	Producir datos desagregados de la población ovina por sistema de producción (intensivo, extensivo, semi-extensivo) para permitir la aplicación de factores de emisión diferenciados.	1990 - 2028	Ideam; universidades; Centros de investigación	BTR4 - 2030

Fuente: Elaboración propia.

5.3 Gestión del estiércol (CRT 3.B)

5.3.1 Descripción y tendencia de las emisiones y absorciones atmosféricas de la categoría

En esta categoría se calculan las emisiones de CH_4 y N_2O derivadas de la actividad microbiana sobre el estiércol. La mayor parte del CH_4 se genera bajo condiciones anaeróbicas durante el almacenamiento; no obstante, tras la aplicación del estiércol al suelo, estas emisiones disminuyen significativamente, siendo aún menores cuando se maneja en forma sólida (pilas o fosas) o cuando es depositado directamente en pastizales (EPA, 2005).

Por su parte, las emisiones directas de N_2O por gestión del estiércol resultan de los procesos microbianos de nitrificación y desnitrificación del N presente en las excretas. Estos flujos son altamente variables entre los diferentes sistemas de gestión, ya que los procesos dependen de variables como la temperatura, la humedad, la disponibilidad de oxígeno (O_2), el pH y la duración del almacenamiento (Butterbach-Bahl et al., 2013). Asimismo, las emisiones indirectas de N_2O provienen de las pérdidas por volatilización de N en forma de NH_3 y óxidos de nitrógeno (NOx) durante el almacenamiento y manejo, los cuales se depositan posteriormente en otros ecosistemas, induciendo la formación secundaria de N_2O (Leitner et al., 2020). Las pérdidas por lixiviación y escorrentía ocurren principalmente en sistemas de confinamiento (corrales de engorde) y están ligadas al tipo de animal y las propiedades del estiércol. En climas secos, estas pérdidas son menores en comparación con regiones de alta precipitación, estimándose entre el 3% y el 6% del N excretado (Eghball & Power, 1994).

Para las estimaciones de esta categoría, se empleó la población pecuaria como dato de actividad. Las existencias animales en el país se estructuraron bajo las siguientes subcategorías del IPCC: 3.B.1 (Bovinos), 3.B.2 (Ovinos), 3.B.3 (Porcinos), 3.B.4 (Otro ganado: búfalos, caprinos, équidos y aves de corral) y 3.B.5 (Emisiones indirectas de N_2O por gestión del estiércol) (Figura 5-12), la cual consolida los flujos indirectos de todas las poblaciones pecuarias evaluadas.

En Colombia se identifican y evalúan siete sistemas de gestión de estiércol (Manure Management Systems, MMS), los cuales se detallan a continuación:

- Laguna anaerobia descubierta.
- Lote seco (corrales de engorde o feedlots).

- Almacenamiento en forma sólida.
- Distribución diaria (aplicación directa al suelo).
- Estiércol líquido o purines (almacenamiento menor a un mes).
- Digestión anaeróbica (sistemas de biogás).
- Estiércol y orina depositados en pasturas durante el pastoreo.

La asignación porcentual de las diferentes especies ganaderas entre estos sistemas se determinó mediante consulta a expertos a nivel nacional. Es fundamental precisar que para los cálculos de la categoría Gestión del estiércol (3.B) no se contabilizó el sistema de pastoreo (sistema 7). De acuerdo con el Refinamiento de 2019 de las Directrices del IPCC de 2006, este sistema se clasifica de forma independiente debido a que sus emisiones se atribuyen directamente a las matrices del suelo y no al manejo del animal. Por lo tanto, estos flujos se reportan y cuantifican dentro de la categoría 3.D (Suelos agrícolas).

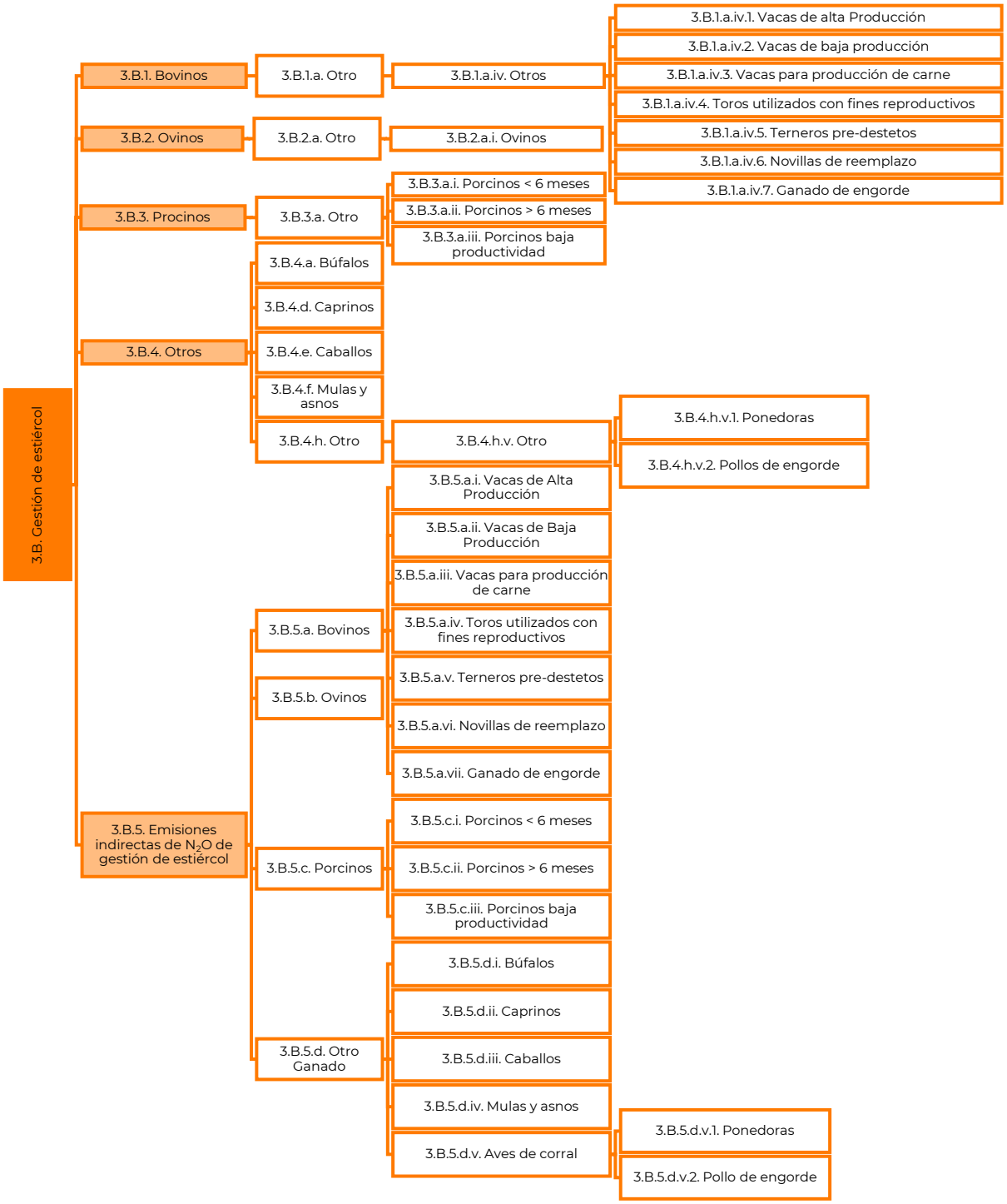


Figura 5-12. Sector Agricultura: Subcategorías estimadas en la categoría Gestión de estiércol.

Fuente: Elaboración propia.

Las emisiones calculadas en la categoría (Gestión del estiércol 3.B) contribuyeron con un promedio histórico del 5,08 % de las emisiones totales del sector, lo que equivale a 2.346 kt CO_2eq y a una tasa de crecimiento anual compuesta del 2,15 %. En 1990, las emisiones de esta categoría se cuantificaron en 1.820,5 kt CO_2eq, mientras que en 2024 alcanzaron las 3.588,3 kt CO_2eq, representando un incremento del 97,1% desde el año base (Tabla 5-21).

La mayor parte de estos flujos proviene de la subcategoría 3.B.3 (Porcinos), con una contribución promedio anual de 794,8 kt CO_2eq y un aporte del 33,2 % dentro de la categoría (3.B), durante el año 2020 registró el pico más alto de emisiones, impulsado por el aumento de la población animal y los factores de emisión específicos determinados para estos sistemas de gestión. Tal como ocurre en otras categorías, el censo porcino se incrementó en 2020 debido a una sobreoferta de animales vivos durante la pandemia de COVID-19. Este fenómeno fue el resultado de la contracción en la demanda de carne de cerdo provocada por las medidas de restricción, el confinamiento obligatorio, el aumento del desempleo y la reducción de la capacidad adquisitiva de los hogares (FINAGRO, 2021; Porkcolombia, 2026b).

En segundo lugar, se ubica la subcategoría 3.B.4 (Otro ganado), con un promedio anual de 727,2 kt CO_2eq y una participación interna del 31,4 %. Dentro de este grupo, las fuentes principales son 3.B.4.g.ii (Pollos de engorde) y 3.B.4.e (Caballos), con 306,6 kt CO_2eq y 220,7 kt CO_2eq (aportes del 40,6 y 32,5 % dentro de la subcategoría 3.B.4, respectivamente). En la última década, estas especies han mostrado una dinámica de crecimiento notable, estimulada por el aumento en el consumo per cápita de carne de cerdo y pollo, así como por la persistencia en el uso de équidos en actividades de vaquería, transporte, tiro pesado, deporte y exhibición (García et al., 2016).

Tabla 5-21. Gestión de estiércol: Emisiones totales de GEI por categoría (kt CO_2eq).

Subcategoría	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
3.B.1. Bovinos	**459,1**	**481,1**	**458,7**	**483,9**	**510,0**	**542,9**	**685,4**	**678,8**	**708,3**	**714,5**	**707,8**
3.B.1.a.iv.1. Vacas de alta Producción	136,6	143,1	136,5	144,0	161,2	179,8	228,4	226,5	235,8	234,8	231,3
3.B.1.a.iv.2. Vacas de baja producción	89,9	94,2	89,8	94,7	96,3	108,5	149,8	148,9	156,1	159,6	154,5
3.B.1.a.iv.3. Vacas para producción de carne	63,2	66,3	63,2	66,6	68,4	75,8	89,1	88,4	93,5	97,2	98,2
3.B.1.a.iv.4. Toros utilizados con fines reproductivos	7,3	7,6	7,3	7,7	7,9	9,1	11,7	11,8	11,9	13,0	15,1
3.B.1.a.iv.5. Terneros pre-destetos	22,6	23,7	22,6	23,9	24,2	23,4	33,9	34,2	36,7	37,5	34,0
3.B.1.a.iv.6. Novillas de reemplazo	77,3	81,0	77,2	81,5	83,9	73,7	88,3	88,6	92,0	92,1	93,6
3.B.1.a.iv.7. Ganado de engorde	62,2	65,1	62,1	65,5	68,1	72,5	84,2	80,4	82,4	80,4	81,2
3.B.2. Ovinos	**25,7**	**25,6**	**23,1**	**18,7**	**18,1**	**7,4**	**15,0**	**15,9**	**16,1**	**16,2**	**16,0**
3.B.3. Porcinos	**655,2**	**674,6**	**486,7**	**538,4**	**704,9**	**894,3**	**1.369,2**	**1.061,6**	**1.338,3**	**1.328,6**	**1.416,9**
3.B.3.a.i. Porcinos < 6 meses	359,3	339,8	248,1	115,1	211,4	244,9	317,2	400,9	749,2	749,2	847,2
3.B.3.a.ii. Porcinos > 6 meses	55,9	54,3	39,5	50,1	77,0	80,9	110,6	159,5	209,4	215,9	222,4
3.B.3.a.iii. Porcinos baja productividad	240,0	280,4	199,1	373,2	416,5	568,5	941,4	501,2	379,7	363,5	347,4
3.B.4. Otro ganado	**501,9**	**621,0**	**653,0**	**725,4**	**777,9**	**732,9**	**887,3**	**917,8**	**963,1**	**968,7**	**993,2**
3.B.4.a. Búfalos	1,5	2,4	3,9	6,2	9,9	15,7	23,4	28,7	31,3	33,6	39,0
3.B.4.d. Caprinos	9,7	9,8	12,0	11,2	8,1	11,0	10,4	11,4	11,5	11,6	11,5
3.B.4.e. Caballos	280,7	306,1	294,3	270,4	225,7	91,4	137,7	149,7	139,5	139,2	129,9
3.B.4.f. Mulas y Asnos	36,5	39,8	38,3	35,2	29,4	11,9	17,8	19,0	18,0	17,7	16,7
3.B.4.h.v.1. Ponedoras	62,4	91,2	111,6	143,1	158,0	186,2	246,6	223,5	245,3	253,8	277,6
3.B.4.h.v.2. Pollos de engorde	111,1	171,7	193,0	259,2	346,9	416,7	451,2	485,6	517,4	512,7	518,4
3.B.5. Emisiones indirectas de N_2O de gestión de estiércol	**178,6**	**208,9**	**193,6**	**226,1**	**275,0**	**319,3**	**425,4**	**377,9**	**434,1**	**435,2**	**454,4**
3.B.5.a. Bovinos	13,2	13,8	13,2	13,9	14,6	16,5	22,1	22,0	23,0	23,3	22,7
3.B.5.a.i. Vacas de Alta Producción	4,3	4,5	4,3	4,5	5,1	5,7	7,2	7,1	7,4	7,4	7,3
3.B.5.a.ii. Vacas de Baja Producción	8,9	9,3	8,9	9,4	9,5	10,8	14,9	14,8	15,5	15,9	15,4
3.B.5.a.iii. Vacas para producción de carne	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
3.B.5.a.iv. Toros utilizados con fines reproductivos	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
3.B.5.a.v. Terneros pre-destetos	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
3.B.5.a.vi. Novillas de reemplazo	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
3.B.5.a.vii. Ganado de engorde	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
3.B.5.b. Ovinos	3,1	3,0	2,7	2,2	2,1	0,9	1,8	1,9	1,9	1,9	1,9
3.B.5.c. Porcinos	90,8	93,2	67,3	73,5	96,9	122,4	189,5	138,3	178,9	177,9	189,2
3.B.5.c.i. Porcinos < 6 meses	50,2	47,4	34,6	16,1	29,5	34,2	45,6	50,3	101,3	101,3	113,6
3.B.5.c.ii. Porcinos > 6 meses	8,8	8,5	6,2	7,9	12,1	12,7	18,4	22,7	29,3	30,2	31,1
3.B.5.c.iii. Porcinos baja productividad	31,9	37,3	26,5	49,6	55,3	75,5	125,4	65,3	48,4	46,4	44,5
3.B.5.d. Otro Ganado	71,5	98,8	110,4	136,5	161,3	179,5	212,0	215,8	230,2	232,1	240,7
3.B.5.d.i. Búfalos	0,1	0,2	0,3	0,5	0,8	1,2	1,9	2,3	2,5	2,7	3,1
3.B.5.d.ii. Caprinos	0,8	0,8	0,9	0,9	0,6	0,9	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9
3.B.5.d.iii. Caballos	19,1	20,8	20,0	18,4	15,4	6,2	9,4	10,7	9,6	9,8	9,0
3.B.5.d.iv. Mulas y asnos	2,0	2,2	2,1	2,0	1,6	0,7	1,0	1,1	1,0	1,0	0,9
3.B.5.d.v. Aves de corral	49,5	74,8	87,0	114,7	142,9	170,6	198,9	200,8	216,2	217,7	226,7
3.B.5.d.v.1. Ponedoras	19,7	28,9	35,3	45,3	50,0	58,9	78,0	70,7	77,6	80,3	87,9
3.B.5.d.v.2. Pollo de engorde	29,8	46,0	51,7	69,4	92,9	111,6	120,9	130,1	138,6	137,3	138,9
3.B. Gestión del estiércol	**1.820,5**	**2.011,2**	**1.815,2**	**1.992,5**	**2.286,0**	**2.496,7**	**3.382,3**	**3.052,0**	**3.459,9**	**3.463,2**	**3.588,3**

En la Figura 5-13 se detallan una tendencia ascendente en el tiempo, con la máxima histórica registrada en 2024 (3.588,3 kt CO_2eq) y los niveles más bajos en 1990 (1.820,5 kt CO_2eq). Este incremento progresivo a lo largo del periodo de observación está directamente asociado al tipo de sistemas de gestión de estiércol implementados, así como a las dinámicas de crecimiento demográfico en las poblaciones de porcinos y aves de corral en el país.

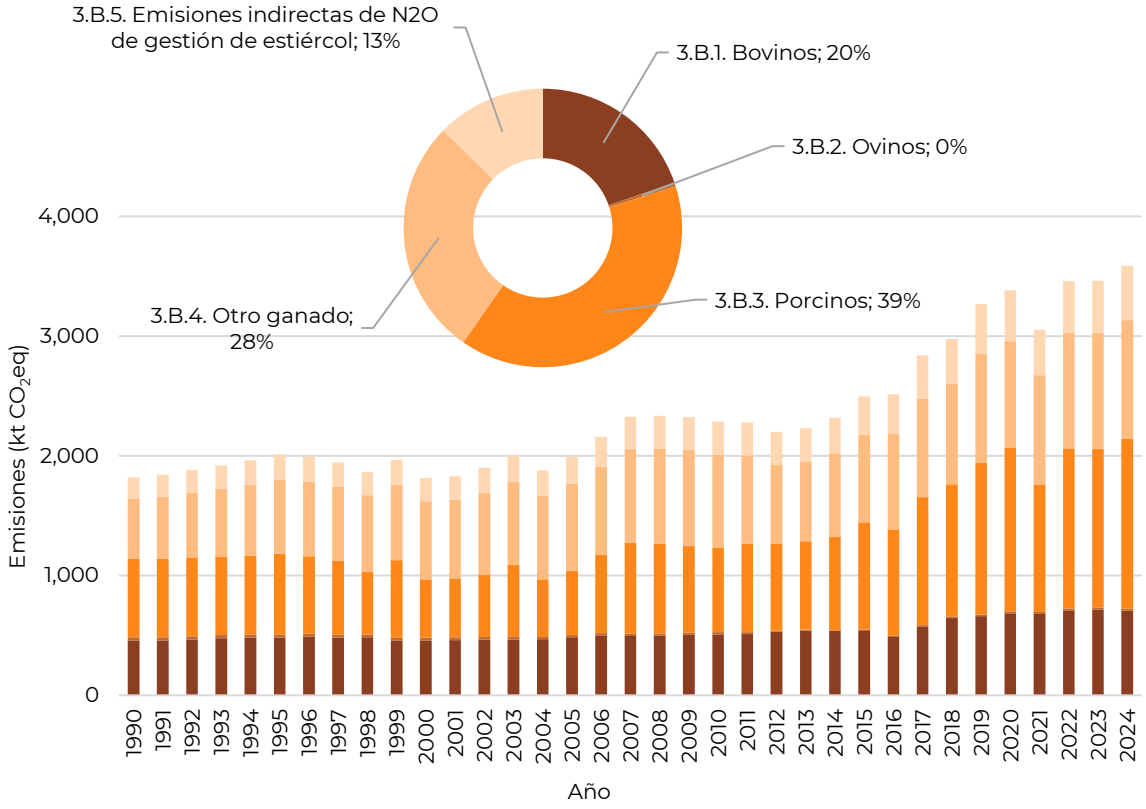


Figura 5-13. Gestión de estiércol: Emisión de GEI por subcategoría (kt CO_2eq), 1990-2024 (barras) y aporte porcentual durante 2024 (anillo)

Fuente: Elaboración propia.

En esta categoría no se cuantifican emisiones de CO_2. La estructura agregada de las emisiones de 3.B (Gestión del estiércol) presenta una marcada dominancia de CH_4. Durante 2024, el CH_4 representó el 64,0 % del total de la categoría debido a la prevalencia de procesos metanogénicos anaeróbicos durante el almacenamiento de las deyecciones; este comportamiento ha sido consistente a través del tiempo, registrando una participación promedio histórica del 63,2 %. El 36,0% restante (o el 36,8 % según el año de corte) corresponde a N_2O, derivado de las dinámicas biológicas de nitrificación y desnitrificación del nitrógeno excretado (Tabla 5-22; Figura 5-14).

Tabla 5-22. Gestión de estiércol: Emisiones totales por GEI (kt CO_2eq)

GEI	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
CO_2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
CH_4	1.196,6	1.289,5	1.130,6	1.225,1	1.416,5	1.573,7	2.150,2	1.938,8	2.222,8	2.222,8	2.304,2
N_2O	623,9	721,8	684,6	767,4	869,4	923,1	1.232,1	1.113,2	1.237,1	1.240,4	1.284,1

Fuente: Elaboración propia.

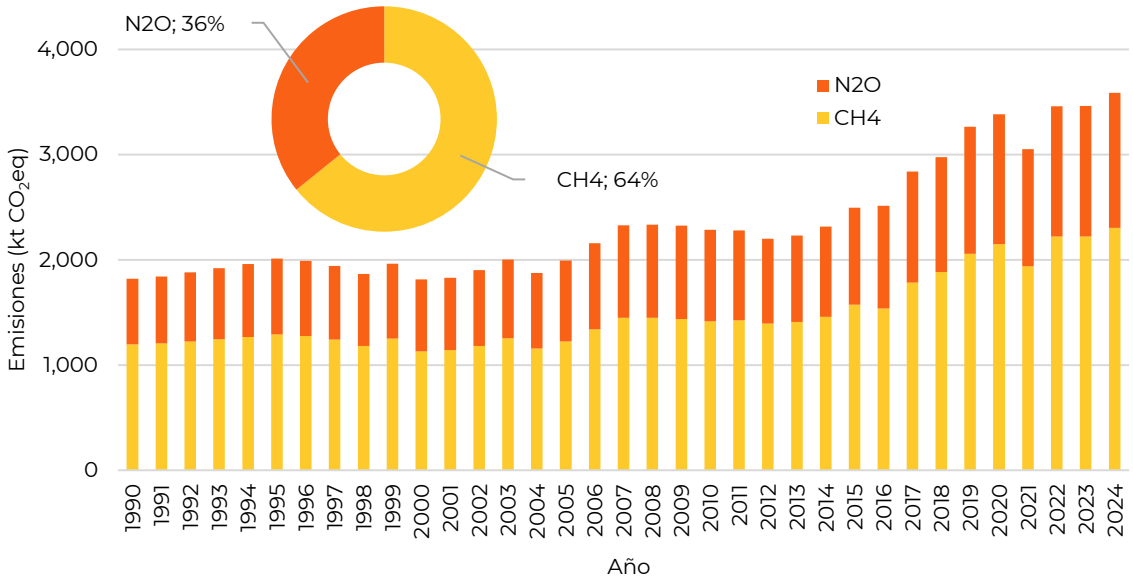


Figura 5-14. Gestión de estiércol: Emisión por cada GEI (kt CO_2eq), periodo 1990-2024 (barras) y aporte porcentual durante 2024 (anillo)

Fuente: Elaboración propia.

El inventario histórico de CN+CC derivados de la categoría 3.B (Gestión del estiércol) para el periodo 1990–2024 revela un cambio estructural en las dinámicas de emisión locales, caracterizado por una fuerte centralización sectorial según el tipo de compuesto químico y reflejado en trayectorias temporales con inflexiones muy marcadas. Las emisiones agregadas de NH_3, el contaminante más crítico y abundante de la categoría, experimentaron un incremento neto del 136,7 %, pasando de 40,7 kt en 1990 a 96,3 kt en 2024. Al evaluar su perfil temporal, el NH_3 exhibe un comportamiento relativamente estable e incluso decreciente entre 1995 y 2005 (alcanzando su mínimo histórico de 29,9 kt en este último año), seguido por una recuperación sostenida que muta en una aceleración sin precedentes en el último trienio, donde se observa un salto abrupto desde 60,04 kt en 2021 hasta rozar las 100 kt en 2024. Este comportamiento está dictado casi exclusivamente por la subcategoría 3.B.3 (Porcinos), la cual sufrió una expansión acelerada al cierre de la serie, escalando a 65,1 kt en 2024 y explicando el 67,6 % del flujo total de dicho compuesto. En contraste, los Bovinos (3.B.1) mantuvieron un aporte discreto y estable (4,7 kt en 2024) debido a que la mayor parte de sus deyecciones se deponen directamente en pasturas (categoría 3.D), mientras que los Ovinos (3.B.2) fueron la única subcategoría con una tendencia decreciente a largo plazo, contrayéndose de 1,2 kt en 1990 a 0,75 kt en 2024 de acuerdo con la reducción de sus censos gestionados (Tabla 5-23; Figura 5-15).

Por otra parte, las emisiones de COVDM se triplicaron durante el periodo de observación, ascendiendo de 11,9 kt en 1990 a 32,2 kt en 2024. A diferencia del amoníaco, el principal determinante de este vector es la subcategoría 3.B.4 (Otro ganado), la cual aportó el 70,7 % del total sectorial en 2024 (22,8 kt), lo que refleja el impacto de los sistemas de camas profundas, gallinaza y pollinaza propios de la avicultura industrial y los establos equinos en la volatilización de compuestos orgánicos. Gráficamente, la curva de COVDM muestra un acoplamiento casi idéntico con las trayectorias del material particulado (PM_{10} y $PM_{2.5}$) y de los NOx, evidenciando una fase de estabilización o meseta entre 1995 y 2000, una suave caída transitoria en 2021 debida a la normalización de la demanda post-pandemia, y una reactivación vigorosa hacia el año 2024. Esta misma subcategoría (3.B.4) domina ampliamente las emisiones de material particulado y NOx al cierre de la serie temporal, explicando el 75,6 % de las partículas gruesas (PM_{10}: 4,6 kt de un total de 6,07 kt), el 72,6 % de las partículas finas ($PM_{2.5}$: 0,45 kt de un total de 0,62 kt) y el 89,1 % de los NOx (3,67 kt de un total de 4,12 kt), dinámicas vinculadas a la suspensión de polvillo de alimento, descamación epitelial en galpones y procesos acoplados de nitrificación parcial en estiércoles sólidos (Tabla 5-23; Figura 5-15).

Finalmente, la ausencia de registros (NA) para el SO_2, CO y CN resulta metodológicamente consistente con las directrices internacionales, dado que estos compuestos se derivan de procesos de combustión directa y no de la descomposición o estabilización biológica de las excretas acumuladas, confirmando que la intensificación pecuaria y el confinamiento en porcicultura y avicultura son los principales dinamizadores de la degradación local de la calidad del aire en esta categoría.

Tabla 5-23. Gestión de estiércol: Emisiones totales de CN+CC (kt), 1990-2024

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
3.B.1. Bovinos	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
NH_3	2,74	2,87	2,73	2,88	3,02	3,40	4,54	4,52	4,73	4,80	4,67
NOx	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,11	0,15	0,15	0,15	0,16	0,15
SO_2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
CO	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
COVDM	1,25	1,31	1,25	1,32	1,37	1,55	2,08	2,07	2,16	2,20	2,14
CN	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
PM_{10}	0,10	0,10	0,10	0,10	0,11	0,12	0,16	0,16	0,17	0,17	0,17
$PM_{2.5}$	0,06	0,07	0,06	0,07	0,07	0,08	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
3.B.2. Ovinos	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
NH_3	1,21	1,21	1,09	0,88	0,85	0,35	0,71	0,75	0,76	0,76	0,75
NOx	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
SO_2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
CO	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
COVDM	0,15	0,15	0,13	0,11	0,10	0,04	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
CN	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
PM_{10}	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,01	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
$PM_{2.5}$	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
3.B.3. Porcinos	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
NH_3	27,39	25,97	18,95	10,12	17,95	20,45	27,79	31,37	58,26	58,51	65,12
NOx	0,15	0,17	0,12	0,18	0,22	0,28	0,46	0,29	0,29	0,29	0,29
SO_2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
CO	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
COVDM	3,43	3,50	2,53	2,69	3,58	4,51	6,95	5,17	6,77	6,73	7,20
CN	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
PM_{10}	0,59	0,58	0,42	0,35	0,50	0,62	0,92	0,76	1,17	1,17	1,27
$PM_{2.5}$	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	0,05	0,04	0,05	0,05	0,05
3.B.4. Otro ganado	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
NH_3	9,35	12,36	13,49	16,03	18,30	19,29	22,92	23,41	24,81	24,99	25,78
NOx	0,93	1,35	1,51	1,95	2,47	2,87	3,22	3,38	3,60	3,60	3,67
SO_2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
CO	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
COVDM	7,11	9,71	10,83	13,24	15,39	16,94	20,17	20,37	21,73	21,93	22,79
CN	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
PM_{10}	1,13	1,64	1,89	2,43	2,90	3,38	4,05	4,02	4,33	4,38	4,59
$PM_{2.5}$	0,17	0,22	0,24	0,28	0,32	0,33	0,40	0,41	0,43	0,43	0,45
3.B. Gestión del estiércol	**NA**	**NA**	**NA**	**NA**	**NA**	**NA**	**NA**	**NA**	**NA**	**NA**	**NA**
NH_3	**40,69**	**42,41**	**36,26**	**29,91**	**40,12**	**43,48**	**55,96**	**60,04**	**88,56**	**89,06**	**96,32**
NOx	**1,18**	**1,62**	**1,73**	**2,23**	**2,79**	**3,26**	**3,83**	**3,82**	**4,05**	**4,04**	**4,12**
SO_2	**NA**	**NA**	**NA**	**NA**	**NA**	**NA**	**NA**	**NA**	**NA**	**NA**	**NA**
CO	**NA**	**NA**	**NA**	**NA**	**NA**	**NA**	**NA**	**NA**	**NA**	**NA**	**NA**
COVDM	**11,94**	**14,67**	**14,74**	**17,36**	**20,44**	**23,04**	**29,28**	**27,70**	**30,75**	**30,96**	**32,22**
CN	**NA**	**NA**	**NA**	**NA**	**NA**	**NA**	**NA**	**NA**	**NA**	**NA**	**NA**
PM_{10}	**1,87**	**2,37**	**2,46**	**2,91**	**3,55**	**4,14**	**5,16**	**4,98**	**5,70**	**5,75**	**6,07**
$PM_{2.5}$	**0,28**	**0,33**	**0,34**	**0,38**	**0,42**	**0,44**	**0,56**	**0,56**	**0,60**	**0,61**	**0,62**

Fuente: Elaboración propia.

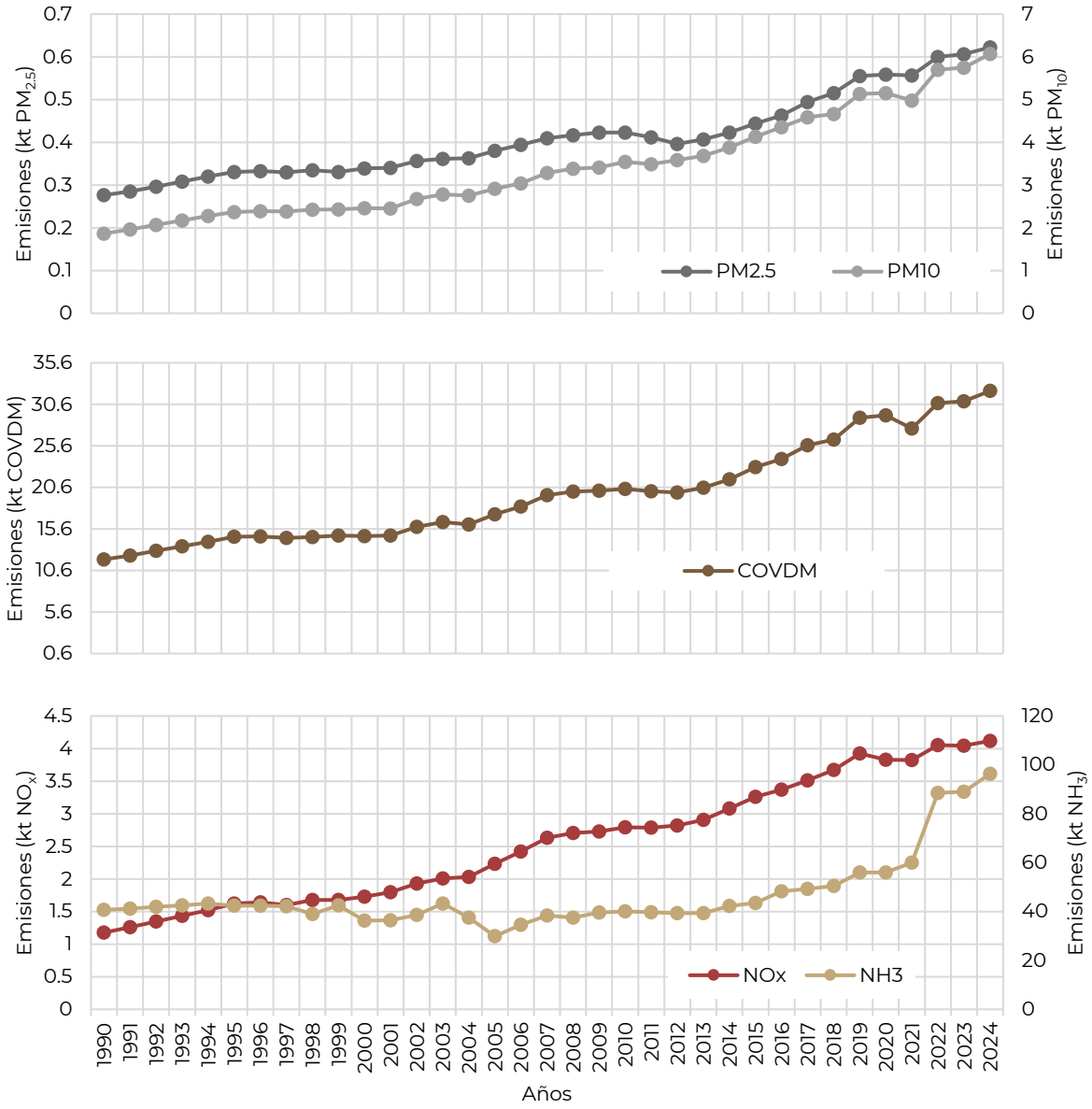


Figura 5-15. Gestión de estiércol: Emisiones totales de CN+CC (kt), 1990-2024

Fuente: Elaboración propia.

5.3.1.1 Bovinos (3.B.1)

La estimación de las emisiones de la subcategoría 3.B.1 (Bovinos) considera la desagregación de la población nacional en las siete subcategorías metodológicas descritas para la categoría 3.A.1: 1) vacas de alta producción, 2) vacas de baja producción, 3) vacas destinadas a la producción de carne, 4) toros utilizados con fines reproductivos, 5) terneros pre-destete, 6) novillas de reemplazo y 7) ganado de engorde.

Las emisiones agregadas de este grupo pasaron de 459,10 kt CO_2eq en 1990 a 707,80 kt CO_2eq en 2024, consolidando un incremento acumulado del 54,2 % (Tabla 5-24). Esta trayectoria temporal exhibe un comportamiento predominantemente ascendente y asimétrico, gobernado tanto por las transformaciones estructurales de los sistemas de producción de leche y carne en el país, como por choques macroclimáticos y de mercado específicos. Las fluctuaciones resultantes están estrechamente indexadas a las dinámicas del inventario bovino y a la parametrización de los coeficientes de emisión; para el CH_4, los factores incorporan la capacidad máxima de producción de CH_4 del estiércol, el tipo de sistema de almacenamiento, el factor de conversión (MCF) y la tasa de excreción de sólidos volátiles (VS), mientras que para los flujos directos de N_2O se

integran las tasas de excreción de nitrógeno total (Nex) por categoría animal y los factores de emisión intrínsecos de cada sistema de gestión.

A nivel jerárquico, las Vacas de alta producción (3.B.1.a.iv.1) constituyen de forma persistente el principal vector de emisión de todo el grupo durante las tres décadas de observación, registrando una participación promedio anual del 30,7 % (164,30 kt CO_2eq) y una tasa de crecimiento anual compuesta del 2,2 %. Esta subcategoría inició la serie en 1990 con 136,60 kt CO_2eq y, tras mantener una fase de relativa estabilidad hasta 2015, experimentó una contracción crítica en 2016 (alcanzando un mínimo de la última década de 123,75 kt CO_2eq) debido al estrés hídrico y térmico provocado por el fenómeno de El Niño y al encarecimiento de los insumos alimenticios. No obstante, a partir de 2017 inició una recuperación acelerada que culminó en un máximo histórico de 235,8 kt CO_2eq en 2023, antes de contraerse marginalmente a 231,3 kt CO_2eq en 2024. Este comportamiento contrasta con las Vacas de baja producción (3.B.1.a.iv.2), las cuales muestran una curva más atenuada y un crecimiento menos volátil, pasando de 88,9 kt CO_2eq en 1990 a 154,5 kt CO_2eq en 2024, con una participación promedio del 20,2% (107,70 kt CO_2eq) y una tasa de crecimiento anual compuesta del 1,7 %, consolidando a los sistemas de lechería especializada y doble propósito como los principales determinantes del inventario pecuario gestionado en esta categoría (Tabla 5-24; Figura 5-16).

Por otra parte, los sistemas orientados a la producción cárnica y el levante evidencian tendencias de expansión consistentes con la tecnificación sectorial. Las emisiones de las Vacas para producción de carne (3.B.1.a.iv.3) registraron un incremento acumulado del 55,3 %, pasando de 63,2 kt CO_2eq en 1990 a un techo histórico de 98,2 kt CO_2eq en 2024. Paralelamente, el Ganado de engorde (3.B.1.a.iv.7) y las Novillas de reemplazo (3.B.1.a.iv.6) operaron como fuentes estables de emisión a largo plazo, consolidando flujos de 81,19 y 93,56 kt CO_2eq al cierre de 2024, respectivamente; ambas series reflejan una inflexión hacia el año 2020 debido al represamiento de animales vivos en campo y a la desaceleración del beneficio formal durante la emergencia sanitaria por COVID-19. Finalmente, las subcategorías de menor escala biológica, como los Terneros pre-destete (3.B.1.a.iv.5) y los Toros reproductores (3.B.1.a.iv.4), mantuvieron las participaciones más discretas del inventario. Sin embargo, destaca el comportamiento de los terneros pre-destete, cuyas emisiones se expandieron desde 22,6 kt CO_2eq en 1990 hasta un pico de 37,46 kt CO_2eq en 2023, correlacionándose de manera directa con las tasas de natalidad del hato y el incremento neto de las vacas de cría y ordeño en el territorio nacional (Tabla 5-24; Figura 5-16).

Tabla 5-24. Gestión de estiércol-Bovinos: Emisiones totales de GEI por subcategoría (kt CO_2eq)

Subcategoría	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
3.B.1.a. Otro	459,1	481,1	458,7	483,9	510,0	542,9	685,4	678,8	708,3	714,5	707,8
3.B.1.a.iv. Otros	459,1	481,1	458,7	483,9	510,0	542,9	685,4	678,8	708,3	714,5	707,8
3.B.1.a.iv.1. Vacas de alta Producción	136,6	143,1	136,5	144,0	161,2	179,8	228,4	226,5	235,8	234,8	231,3
3.B.1.a.iv.2. Vacas de baja producción	89,9	94,2	89,8	94,7	96,3	108,5	149,8	148,9	156,1	159,6	154,5
3.B.1.a.iv.3. Vacas para producción de carne	63,2	66,3	63,2	66,6	68,4	75,8	89,1	88,4	93,5	97,2	98,2
3.B.1.a.iv.4. Toros utilizados con fines reproductivos	7,3	7,6	7,3	7,7	7,9	9,1	11,7	11,8	11,9	13,0	15,1
3.B.1.a.iv.5. Terneros pre-destetos	22,6	23,7	22,6	23,9	24,2	23,4	33,9	34,2	36,7	37,5	34,0
3.B.1.a.iv.6. Novillas de reemplazo	77,3	81,0	77,2	81,5	83,9	73,7	88,3	88,6	92,0	92,1	93,6
3.B.1.a.iv.7. Ganado de engorde	62,2	65,1	62,1	65,5	68,1	72,5	84,2	80,4	82,4	80,4	81,2
3.B.1. Bovinos	**459,1**	**481,1**	**458,7**	**483,9**	**510,0**	**542,9**	**685,4**	**678,8**	**708,3**	**714,5**	**707,8**

Fuente: Elaboración propia.

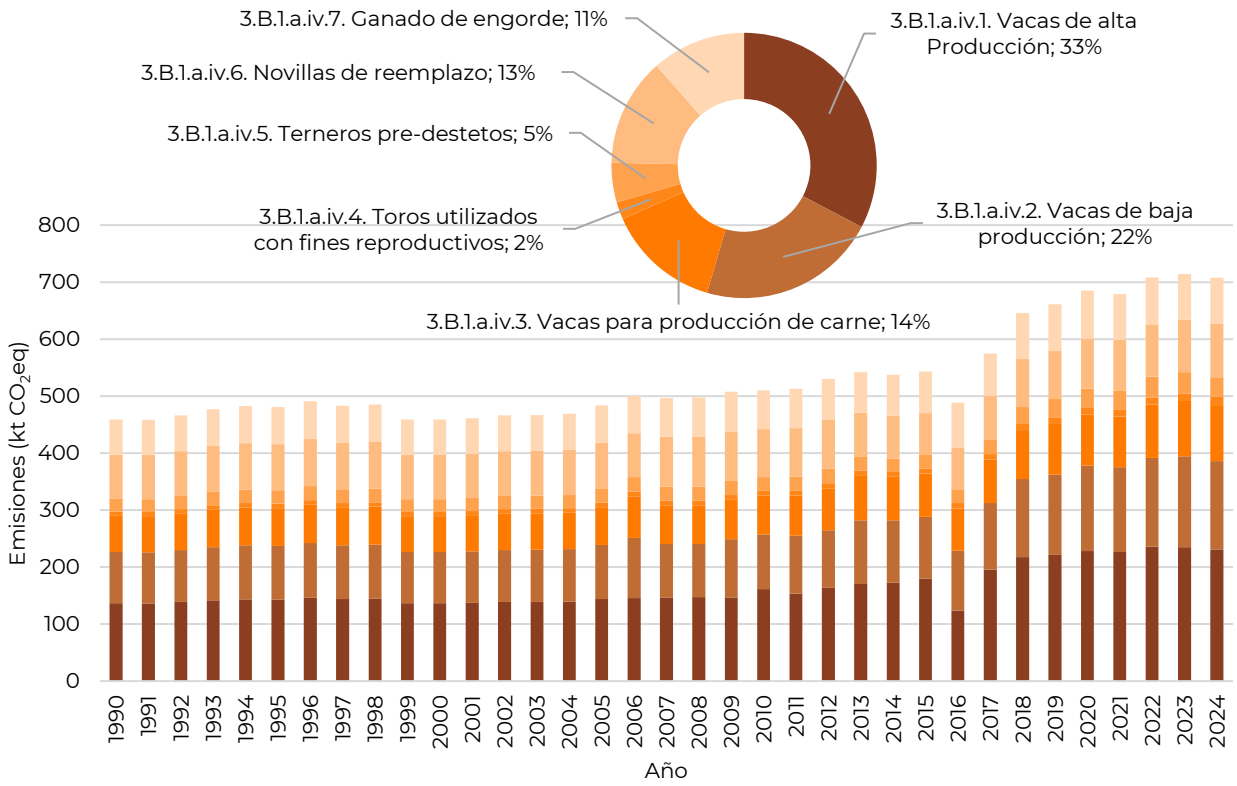


Figura 5-16. Gestión de estiércol-Bovinos: Emisión de GEI por subcategoría (kt CO_2eq), 1990-2024 (barras) y aporte porcentual durante 2024 (anillo)

Fuente: Elaboración propia.

El análisis desagregado por vector de GEI para la subcategoría de bovinos (3.B.1), devela una trayectoria de crecimiento sostenido caracterizada por una rigidez estructural e interanual absoluta en las participaciones porcentuales de cada gas. A lo largo de los 35 años evaluados, el CH_4 se consolida de forma invariable como el componente hegemónico de la subcategoría, absorbiendo de manera persistente entre el 89,46% y el 90,61% del forzamiento radiativo total, mientras que el N_2O complementa la estructura con una participación minoritaria y sumamente estable de entre el 9,39% y el 10,54% (Tabla 5-25; Figura 5-17). Esta constancia matemática tan estricta en las proporciones temporales denota una dependencia directa y lineal de ambos gases frente al tamaño del censo ganadero nacional, reflejando que las modificaciones históricas en los sistemas de gestión pecuaria o las variaciones climáticas afectaron la escala global del hato, pero no alteraron el perfil cinético de deyección y estabilización biológica de las excretas bovinas en el país.

Tabla 5-25. Gestión de estiércol-Bovinos: Emisiones totales por GEI (kt CO_2eq)

GEI	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
CO_2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
CH_4	416,0	435,9	415,6	438,4	463,7	490,6	613,3	607,1	633,1	637,5	633,2
N_2O	43,1	45,2	43,1	45,4	46,3	52,3	72,1	71,7	75,2	76,9	74,6

Fuente: Elaboración propia.

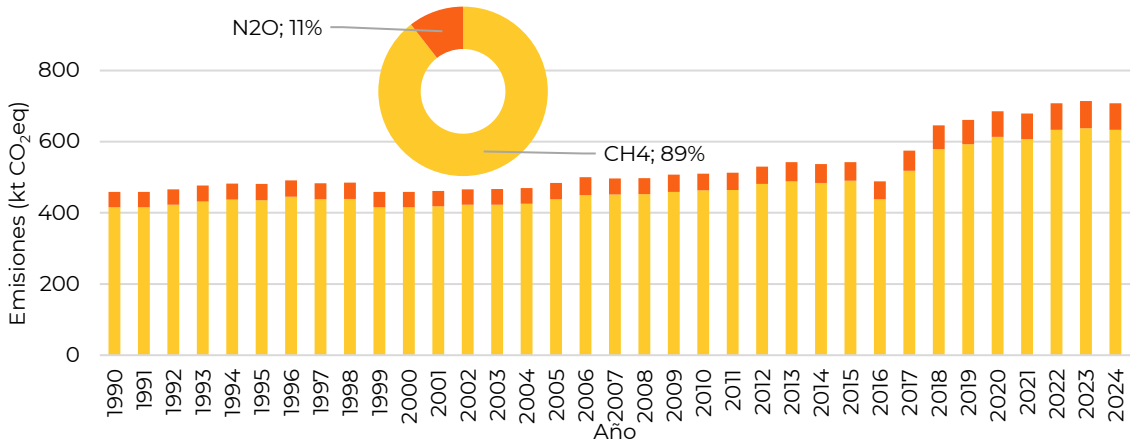


Figura 5-17. Gestión de estiércol-Bovinos: Emisión por cada GEI (kt CO_2eq), 1990-2024 (barras) y aporte porcentual durante 2024 (anillo).

Fuente: Elaboración propia.

5.3.1.2 Ovinos (3.B.2)

En esta subcategoría se calculan las emisiones de CH_4 y N_2O derivadas de la gestión de excretas en pequeños rumiantes. A nivel metodológico, la serie histórica de las desagregaciones estructurales 3.B.2.a. Otro y 3.B.2.a.i. Ovinos exhibe valores idénticos en todos sus nodos temporales. Esta perfecta simetría matemática denota que la subcategoría no presenta subdivisiones por sistemas de producción diferenciados (como confinamiento tecnificado o estabulación especializada) y que la totalidad de los flujos de la gestión de estiércol en esta especie se concentra en un único agregado nacional. Asimismo, no hay estimaciones (NA) de CO_2 en esta subcategoría, lo cual es metodológicamente consistente con las directrices internacionales del IPCC, dado que los procesos biológicos de estabilización de deyecciones pecuarias no computan flujos netos de carbono antropogénico bajo esta categoría.

A lo largo de la serie histórica (Figura 5-18), los flujos agregados de la subcategoría reportaron un promedio de 18, 1 kt CO_2eq con una tasa de crecimiento anual compuesta del –0,2 %. En el año base 1990, las emisiones se cuantificaron en 25,7 kt CO_2eq, mientras que en 2024 alcanzaron las 16 kt CO_2eq, lo que equivale a una reducción neta del 37,9 % (Tabla 5-26). En términos cinéticos, la participación promedio anual de los gases estuvo dominada de forma inversa al resto de especies pecuarias por el N_2O, el cual explicó el 78,5 % del forzamiento radiactivo total de la subcategoría, dejando el 21,5 % restante al CH_4. La dominancia del N_2O responde a la persistencia de sistemas de gestión predominantemente sólidos o de acumulación en seco, los cuales propician las rutas biológicas acopladas de nitrificación y desnitrificación del nitrógeno orgánico excretado.

La trayectoria del inventario (Figura 5-18) presenta una tendencia predominantemente decreciente entre 1990 y 2013, alcanzando el mínimo histórico de toda la serie en el año 2013 con un nivel de 7,1 kt CO_2eq. Este prolongado descenso estructural estuvo directamente asociado con la contracción sostenida y el desabastecimiento de la población ovina en el país durante esas dos décadas. Por el contrario, en el último decenio del horizonte de estudio se evidencia una inflexión de recuperación y un incremento progresivo de las curvas de emisión, que llevó a la serie a estabilizarse en torno a las 16 kt CO_2eq hacia el cierre del periodo (consolidando flujos simultáneos de 12,5 kt CO_2eq asociados a N_2O y 3,4 kt CO_2eq a CH_4 en 2024). Este repunte al alza ha sido impulsado por el aumento del número de ovinos en el territorio nacional, como respuesta directa a los esfuerzos gubernamentales e interinstitucionales orientados a mejorar las condiciones sanitarias, técnicas y comerciales de la cadena productiva ovino-caprina (UPRA, 2025).

El techo histórico de las emisiones de la subcategoría se registró en el año 1992 con un nivel de 25,8 kt CO_2eq. Finalmente, vale la pena señalar que, debido a la escala moderada de los inventarios biológicos en el país y a la prevalencia de prácticas extensivas en pasturas, la especie ovina constituye de manera persistente la fuente que menos emisiones reporta a lo largo del tiempo dentro de la categoría general 3.B (Gestión del estiércol).

Tabla 5-26. Gestión de estiércol-Ovinos: Emisiones totales de GEI por subcategoría (kt CO_2eq)

Subcategoría	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
3.B.2.a.i. Ovinos	25,7	25,6	23,1	18,7	18,1	7,4	15,0	15,9	16,1	16,2	16,0
3.B.2.a. Otro	25,7	25,6	23,1	18,7	18,1	7,4	15,0	15,9	16,1	16,2	16,0
3.B.2. Ovinos	25,7	25,6	23,1	18,7	18,1	7,4	15,0	15,9	16,1	16,2	16,0

Fuente: Elaboración propia.

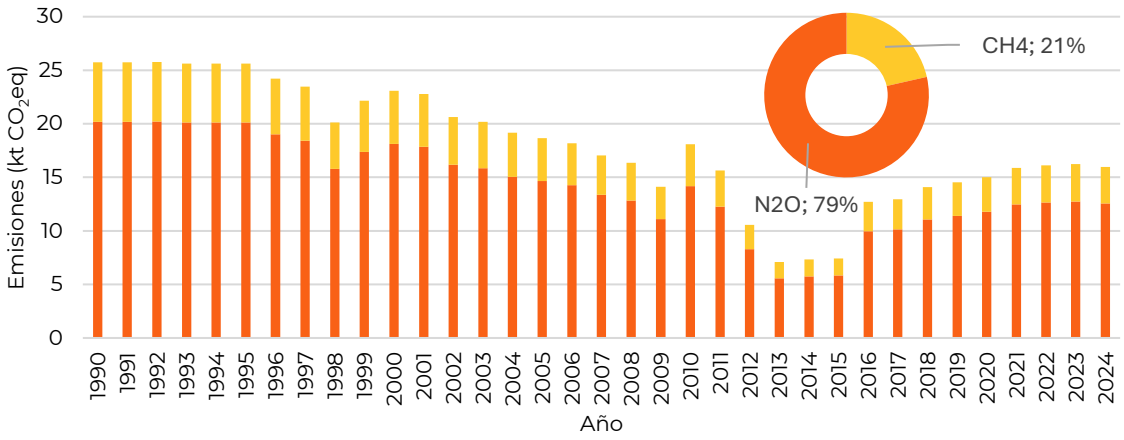


Figura 5-18. Gestión de estiércol-Ovinos: Emisión por cada GEI (kt CO_2eq), 1990-2024 (barras) y aporte porcentual durante 2024 (anillo)

Fuente: Elaboración propia.

5.3.1.3 Porcinos (3.B.3)

En esta subcategoría se calculan las emisiones de CH_4 y N_2O derivadas de la gestión del estiércol en porcinos, desagregadas según el sistema de producción y las características de la población en las subcategorías: 3.B.3.a.i. Porcinos < 6 meses, 3.B.3.a.ii. Porcinos > 6 meses y 3.B.3.a.iii. Porcinos baja productividad. Los flujos de CH_4 generados por estos animales están condicionados por el inventario de la población, la tasa de excreción de deyecciones y la tipología de los sistemas de almacenamiento implementados en las granjas porcícolas del país. Técnicamente, las mayores emisiones de CH_4 ocurren cuando las excretas se gestionan mediante sistemas líquidos o de baja oxigenación, tales como tanques estercoleros o lagunas de estabilización, donde la temperatura ambiente y el tiempo de retención hidráulica actúan como variables cinéticas que incrementan significativamente la metanogénesis (Cárdenas et al., 2021). Por el contrario, cuando el estiércol se maneja bajo matrices sólidas —como pilas de compostaje o patios de secado— o se aplica de forma directa sobre campos de cultivo y pastizales, predomina una descomposición aerobia que mitiga la producción neta de CH_4 (IPCC, 2019).

Durante el periodo histórico evaluado, las emisiones agregadas de este grupo reportaron un promedio de 794,8 kt CO_2eq, registrando una tasa de crecimiento anual compuesta del 3 % desde 1990. En el año base de la serie, los flujos se cuantificaron en 655,2 kt CO_2eq, escalando hasta las 1.416,9 kt CO_2eq en 2024, lo que representa un incremento neto del 116,3 %. A nivel estructural, las subcategorías de 3.B.3.a.i. Porcinos < 6 meses, 3.B.3.a.ii. Porcinos > 6 meses y 3.B.3.a.iii. Porcinos baja productividad contribuyeron con participaciones promedio anuales del 41,16; 9,96 y 48,87 %, respectivamente (Figura 5-19). La subcategoría Porcinos baja productividad (3.B.3.a.iii) lideró la generación de gases. Las emisiones máximas de toda la serie de tiempo se registraron en el año 2024 con un volumen de 1.416,9 kt CO_2eq, y durante ese año dentro del balance global de la categoría 3.B (Gestión del estiércol), la subcategoría de porcinos se consolida como la fuente de mayor relevancia sectorial, aportando un promedio histórico del 39,5 % de las emisiones totales de este módulo (Tabla 5-27).

Tabla 5-27. Gestión de estiércol-Porcinos: Emisiones totales de GEI por subcategoría (kt CO_2eq)

Subcategoría	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
3.B.3.a.i. Porcinos < 6 meses	359,3	339,8	248,1	115,1	211,4	244,9	317,2	400,9	749,2	749,2	847,2
3.B.3.a.ii. Porcinos > 6 meses	55,9	54,3	39,5	50,1	77,0	80,9	110,6	159,5	209,4	215,9	222,4
3.B.3.a.iii. Porcinos baja productividad	240,0	280,4	199,1	373,2	416,5	568,5	941,4	501,2	379,7	363,5	347,4
3.B.3.a. Otro	655,2	674,6	486,7	538,4	704,9	894,3	1369,2	1061,6	1338,3	1328,6	1416,9
3.B.3. Porcinos	**655,2**	**674,6**	**486,7**	**538,4**	**704,9**	**894,3**	**1369,2**	**1061,6**	**1338,3**	**1328,6**	**1416,9**

Fuente: Elaboración propia.

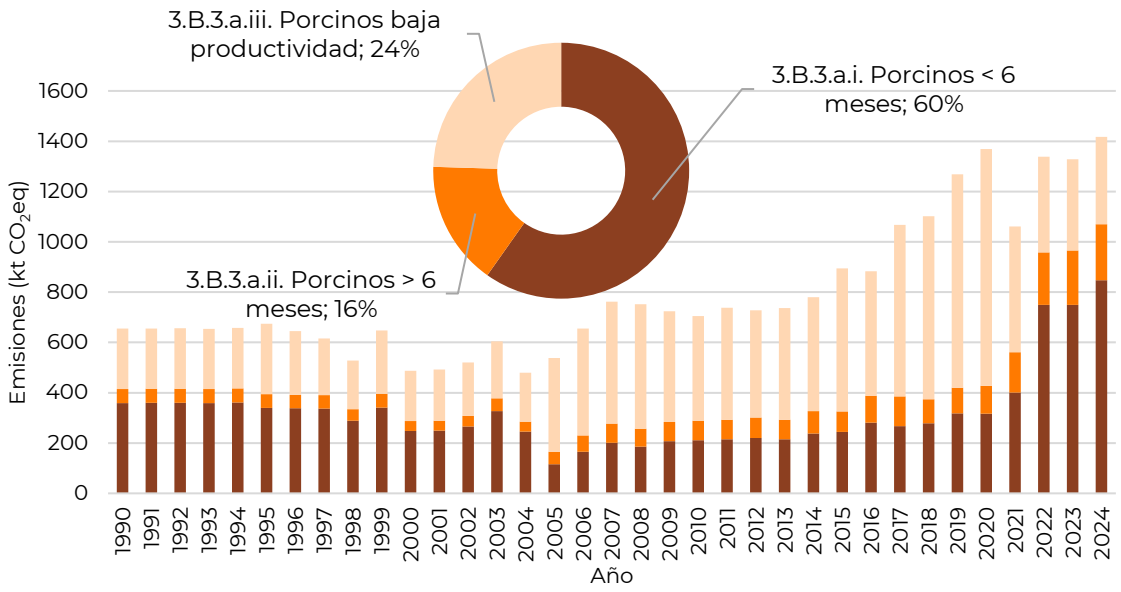


Figura 5-19. Gestión de estiércol-Porcinos: Emisión de GEI por subcategoría (kt CO_2eq), 1990-2024 (barras) y aporte porcentual durante 2024 (anillo)

Fuente: Elaboración propia.

El análisis desagregado de los flujos de GEI para la subcategoría 3.B.3. (Porcinos) evidencia una trayectoria de crecimiento sostenido a largo plazo con dinámicas de fluctuación paralelas entre ambos gases, consolidando una marcada e histórica dominancia del CH_4 sobre el N_2O. A nivel estequiométrico, el CH_4 opera de manera persistente como el vector principal de forzamiento radiativo de la subcategoría, manteniendo a lo largo de las tres décadas de observación una proporción que cuadruplica los aportes de N_2O. Durante el periodo de observación (1990-2024) (Figura 5-20), el CH_4 contribuyó con el 81,4 % y el N_2O con el 18,6 %. En el año base de la serie (1990), las emisiones se fijaron en 535,9 kt CO_2eq para CH_4 y 119,3 kt CO_2eq para N_2O, y para 2024 las emisiones fueron 1.178,8 kt CO_2eq para CH_4 y 238,1 kt CO_2eq para N_2O (Tabla 5-28).

Tabla 5-28. Gestión de estiércol-Porcinos: Emisiones totales por GEI (kt CO_2eq)

GEI	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
CO_2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
N_2O	119,3	124,1	89,5	105,2	135,0	172,6	269,5	186,5	226,3	224,5	238,1
CH_4	535,9	550,4	397,3	433,3	569,9	721,7	1099,7	875,1	1112,0	1104,1	1178,8

Fuente: Elaboración propia.

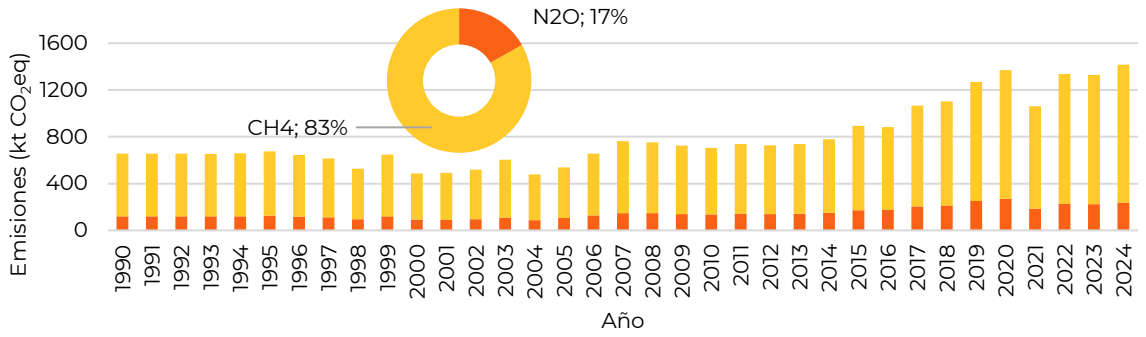


Figura 5-20. Gestión de estiércol-Porcinos: Emisión por cada GEI (kt CO_2eq), 1990-2024 (barras) y aporte porcentual durante 2024 (anillo)

Fuente: Elaboración propia.

5.3.1.4 Otro ganado (3.B.4)

Conforme a la tendencia histórica consolidada, las emisiones de este grupo exhiben un comportamiento linealmente creciente a lo largo de toda la serie de tiempo. Este incremento sostenido es el resultado directo de la expansión demográfica de las poblaciones animales y de las características específicas del manejo dado a las deyecciones dentro de cada uno de estos sistemas productivos del país. Durante el periodo histórico evaluado, las emisiones agregadas de esta subcategoría reportaron un promedio de 645,73 kt CO_2eq, registrando una tasa de crecimiento anual compuesta del 2,42% desde 1990. En el año base de la serie, los flujos se cuantificaron en 429,51 kt CO_2eq, escalando hasta alcanzar las 900,73 kt CO_2eq en 2021, lo que representa un incremento neto del 110,00%. A nivel estructural, las fuentes que ejercieron la mayor presión sobre el inventario fueron 3.B.4.g. Aves y 3.B.4.e. Caballos, con contribuciones promedio anuales del 65,91% (425,58 kt CO_2eq) y del 26,37% (170,28 kt CO_2eq), respectivamente.

Al interior de la subcategoria sector avícola (3.B.4.h), la mayor responsabilidad en la generación de gases obedeció a los pollos de engorde, los cuales aportaron una emisión promedio anual de 286,88 kt CO_2eq, mientras que en las gallinas ponedoras se registraron 138,70 kt CO_2eq. Las magnitudes superiores observadas en los pollos de engorde están asociadas con un volumen significativamente mayor de animales rotados al año, dinámica impulsada por el fuerte incremento en el consumo per cápita de esta proteína en el mercado nacional; asimismo, influye la aplicación de un factor de emisión de CH_4 superior en comparación con el parametrizado para las gallinas ponedoras. Finalmente, cabe destacar que, dentro del balance sectorial de la categoría general 3.B (Gestión del estiércol), el grupo de Otro ganado se consolida de forma persistente como la tercera fuente de emisión en importancia, antecedido únicamente por la porcicultura industrial y el ganado bovino.

Tabla 5-29. Gestión de estiércol-Otro ganado: Emisiones totales de GEI por subcategoría (kt CO_2eq)

Subcategoría	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
3.B.4.a. Búfalos	1,5	2,4	3,9	6,2	9,9	15,7	23,4	28,7	31,3	33,6	39,0
3.B.4.d. Caprinos	9,7	9,8	12,0	11,2	8,1	11,0	10,4	11,4	11,5	11,6	11,5
3.B.4.e. Caballos	280,7	306,1	294,3	270,4	225,7	91,4	137,7	149,7	139,5	139,2	129,9
3.B.4.f. Mulas y Asnos	36,5	39,8	38,3	35,2	29,4	11,9	17,8	19,0	18,0	17,7	16,7
3.B.4.h.v.1. Ponedoras	**62,4**	**91,2**	**111,6**	**143,1**	**158,0**	**186,2**	**246,6**	**223,5**	**245,3**	**253,8**	**277,6**
3.B.4.h.v.2. Pollos de engorde	**111,1**	**171,7**	**193,0**	**259,2**	**346,9**	**416,7**	**451,2**	**485,6**	**517,4**	**512,7**	**518,4**
3.B.4.h.v. Otro	173,5	262,9	304,6	402,4	504,8	602,9	697,8	709,0	762,7	766,5	796,0
3.B.4.h. Otro	173,5	262,9	304,6	402,4	504,8	602,9	697,8	709,0	762,7	766,5	796,0
3.B.4. Otro ganado	**501,9**	**621,0**	**653,0**	**725,4**	**777,9**	**732,9**	**887,3**	**917,8**	**963,1**	**968,7**	**993,2**

Fuente: Elaboración propia.

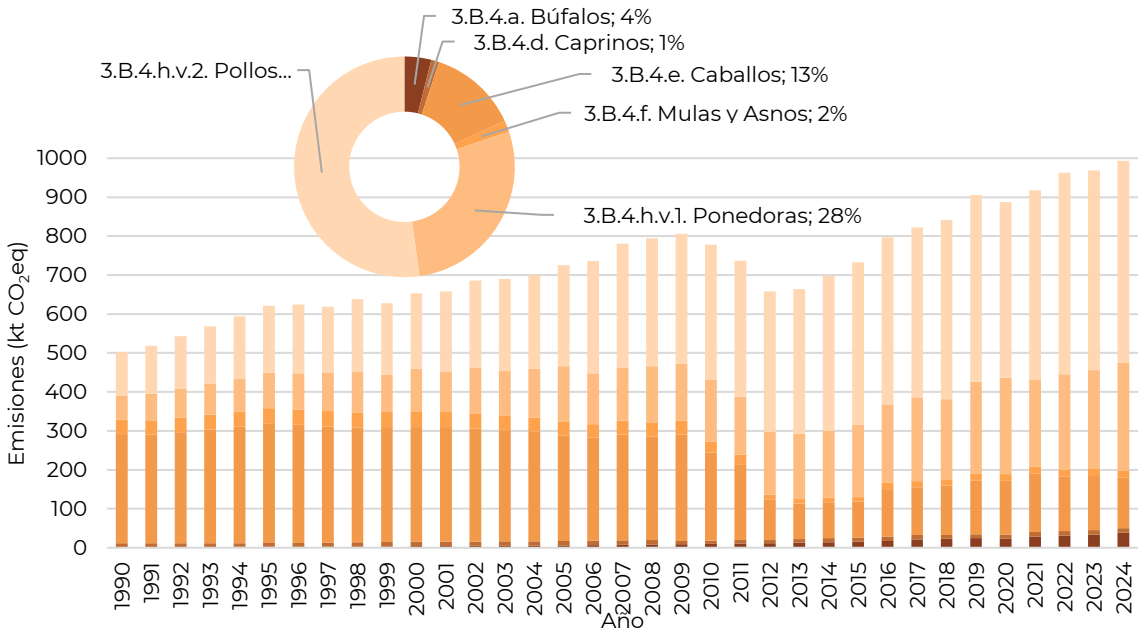


Figura 5-21.Gestión de estiércol-Otros: Emisión de GEI por subcategoría (kt CO_2eq), 1990-2024 (barras) y aporte porcentual durante 2024 (anillo).

Fuente: Elaboración propia.

El análisis desagregado de los flujos de GEI para la subcategoría 3.B.4. evidencia una trayectoria de crecimiento sostenido a largo plazo con dinámicas de fluctuación paralelas entre ambos gases, consolidando una paridad histórica con una leve dominancia del N_2O sobre el CH_4. A nivel de equivalencia radiativa, el N_2O opera de manera persistente como el vector principal de forzamiento radiativo de la subcategoría, manteniendo a lo largo de las tres décadas de observación una proporción que supera de forma muy estrecha los aportes de CH_4. Durante todo el periodo de observación (1990-2024), Figura 5-22, el N_2O contribuyó con el 51,0 % y el CH_4 con el 49,0 %. En el año base de la serie (1990), las emisiones se fijaron en aproximadamente 245,0 kt CO_2eq para CH_4 y 255,0 kt CO_2eq para N_2O, y para 2024 las emisiones estimadas fueron de 485,1 kt CO_2eq para CH_4 y 504,9 kt CO_2eq para N_2O.

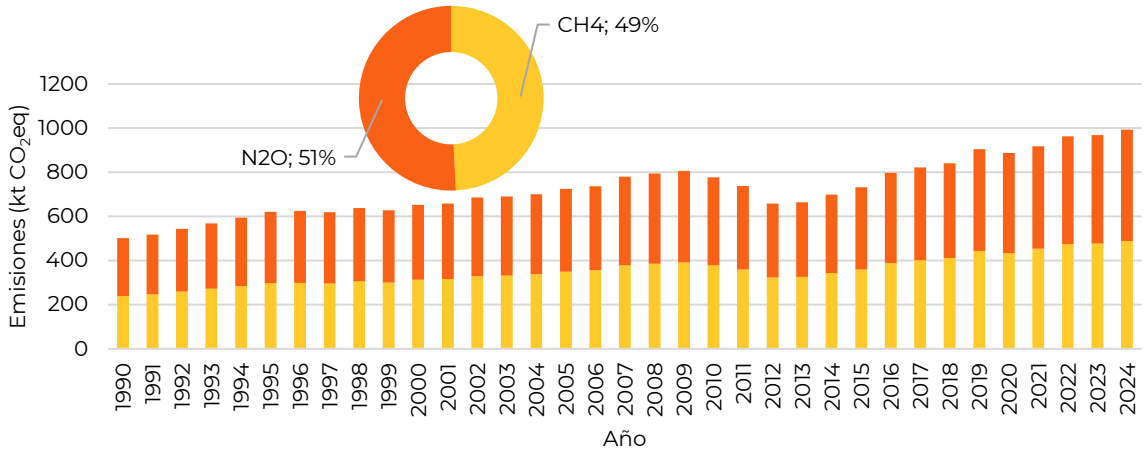


Figura 5-22. Gestión de estiércol-Otros: Emisión por cada GEI (kt CO_2eq), 1990-2024 (barras) y aporte porcentual durante 2024 (anillo)

Fuente: Elaboración propia.

5.3.1.5 Emisiones indirectas de N_2O de gestión de estiércol (3.B.5)

La estimación de las emisiones totales de la subcategoría 3.B.5 para el último año de observación (2024) fue de 454,4 kt CO_2eq (Tabla 5-29), lo cual representó el 12,7 % de las emisiones de la categoría de gestión de estiércol 3.B. (3.588,3 kt CO_2eq). Esta participación ha mostrado una tendencia ascendente a través del tiempo, porque en 1990 la categoría aportaba el 9,8 % del total sectorial.

Durante 2024, las subcategorías más representativas fueron otro ganado (3.B.5.d) y porcinos (3.B.5.c), con contribuciones del 53 y 41,6 %, respectivamente. En esta categoría, el 100 % de las emisiones corresponden a N_2O (Figura 5-23).

Las emisiones indirectas de N_2O de gestión de estiércol aumentaron de 178,6 kt CO_2eq en 1990 a 454,4 kt CO_2eq en 2024, lo que equivale a un incremento acumulado del 154,5 % y una tasa promedio de crecimiento anual del 2,9 %.

Asimismo, la emisión de 2024 refleja un incremento del 20,2 % en comparación con el último año reportado en el BTR1 (2021), donde la estimación de la emisión neta de la categoría fue 377,9 kt CO_2eq.

Esta tendencia se explica, en gran medida, por las dinámicas demográficas de las poblaciones explicadas en la sección de la categoría 3.A.

Tabla 5-30. Gestión de estiércol-Emisiones indirectas de N_2O de gestión de estiércol: Emisiones totales de GEI por subcategoría (kt CO_2eq)

Subcategoría	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
3.B.5.a. Bovinos	13,2	13,8	13,2	13,9	14,6	16,5	22,1	22,0	23,0
3.B.5.b. Ovinos	3,1	3,0	2,7	2,2	2,1	0,9	1,8	1,9	1,9
3.B.5.c. Porcinos	90,8	93,2	67,3	73,5	96,9	122,4	189,5	138,3	178,9
3.B.5.d. Otro Ganado	71,5	98,8	110,4	136,5	161,3	179,5	212,0	215,8	230,2
3.B.5. Emisiones indirectas de N_2O de gestión de estiércol	178,6	208,9	193,6	226,1	275,0	319,3	425,4	377,9	434,1

Fuente: Elaboración propia.

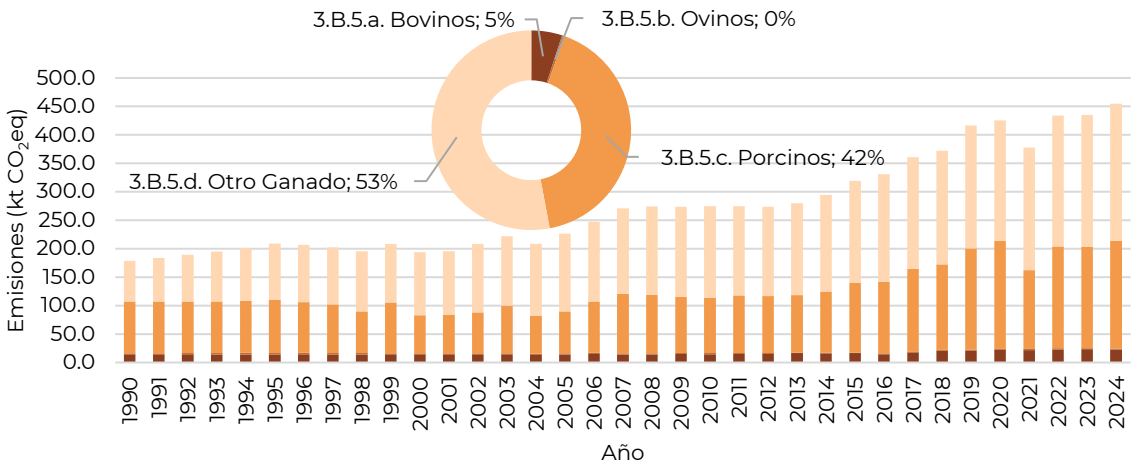


Figura 5-23. Gestión de estiércol- Emisiones indirectas de N_2O de gestión de estiércol: Emisión de GEI por subcategoría (kt CO_2eq), 1990-2024 (barras) y aporte porcentual durante 2024 (anillo)

Fuente: Elaboración propia.

5.3.2 Aspectos metodológicos de la categoría

- 3.B.1. Bovinos

Las emisiones de CH_4 por gestión del estiércol del ganado bovino se estimaron mediante una metodología de nivel 2 a escala departamental (Tabla 5-31), utilizando el modelo AFOLU 1 Colombia. La estimación considera la caracterización regional de los animales por subcategoría, sistema de producción, dieta y condiciones climáticas, descrita en la categoría 3.A.1.

La producción de CH_4 se estimó con base en la excreción de sólidos volátiles (VS), calculada mediante la ecuación 10.24 del IPCC (2019), considerando el consumo de energía bruta, la energía urinaria y la composición nutricional de la dieta. La capacidad máxima de producción de CH_4 (B_0) se adoptó de la Tabla 10.16 del IPCC (2019), utilizando un valor de 0,19 m^3 CH_4 kg^{-1} VS para todas las subcategorías bovinas.

Los factores de conversión de CH_4 (MCF) se derivaron de las Directrices del IPCC (2019) y se ajustaron mediante funciones de temperatura utilizando información meteorológica histórica del Ideam (1980-2010), con el fin de representar las condiciones climáticas de las diferentes regiones ganaderas del país. Los valores regionales de VS y MCF se presentan en el Anexo 5.2. Parámetros para los sistemas de gestión de estiércol (3.B.)**.**

En Colombia se identifican siete sistemas de gestión del estiércol; sin embargo, para el cálculo de CH_4 en bovinos únicamente se consideraron lagunas anaerobias descubiertas y corrales (lote seco), correspondientes principalmente a vacas de alta y baja producción, respectivamente. La distribución regional de los animales entre los sistemas de manejo se definió mediante consulta a expertos y se presenta en el ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**.**

Las emisiones directas de N_2O se estimaron mediante metodología de nivel 1 utilizando la ecuación 10.25 del IPCC (2019) (Tabla 5-31)y los factores de emisión de la Tabla 5-32. Para los sistemas de laguna anaerobia se asumieron emisiones insignificantes de N_2O, de acuerdo con las directrices del IPCC, mientras que para el sistema de lote seco se empleó un factor de emisión de 0,02 kg N_2O-N kg^{-1} N.

De igual manera, el cálculo de las emisiones de CN+CC se estructuró bajo el enfoque metodológico de Nivel 1 (factores por defecto) (Tabla 5-31), de conformidad con las guías metodológicas EMEP/EEA de 2023 (Amon et al., 2023)

Las emisiones provenientes del estiércol depositado directamente sobre las pasturas no se contabilizaron en esta categoría, ya que el IPCC las asigna a la categoría 3.D (Suelos gestionados). La excreción de nitrógeno se estimó mediante la ecuación 10.30 utilizando las tasas de excreción por defecto y el peso promedio de cada subcategoría bovina. Las emisiones finales corresponden a la suma de todos los sistemas de gestión considerados en cada departamento.

- 3.B.2. Ovinos

Las emisiones de CH_4 y N_2O por gestión del estiércol en ovinos se estimaron mediante metodología de nivel 1 a escala departamental (Tabla 5-31).

Las emisiones de CH_4 se calcularon utilizando la ecuación 10.22 del IPCC (2019), considerando los sistemas de gestión de lote seco (30 %) y pastoreo (70 %). La producción de sólidos volátiles (VS) se estimó mediante la ecuación 10.22A utilizando la tasa de excreción por defecto para ovinos y el peso promedio nacional de 24 kg. Los factores de emisión se ajustaron en función de la temperatura promedio departamental mediante relaciones matemáticas desarrolladas a partir de los valores propuestos por el IPCC y registros meteorológicos del Ideam.

Las emisiones directas de N_2O se estimaron mediante la ecuación 10.25 utilizando un factor de emisión de 0,02 para el sistema de lote seco. Las emisiones correspondientes al estiércol depositado durante el pastoreo fueron contabilizadas en la categoría 3.D. La excreción de nitrógeno se calculó mediante la ecuación 10.30 utilizando las tasas por defecto del IPCC. De igual manera, el cálculo de las emisiones de CN+CC se estructuró bajo el enfoque metodológico de Nivel 1 (factores por defecto) (Tabla 5-31), de conformidad con las guías metodológicas EMEP/EEA de 2023 (Amon et al., 2023)

- 3.B.3. Porcinos

Las emisiones de CH_4 y N_2O por gestión del estiércol en porcinos se estimaron mediante una metodología de nivel 1 avanzado a escala departamental (Tabla 5-31). La población se desagregó en tres subcategorías: porcinos menores de seis meses, porcinos mayores de seis meses y porcinos de baja productividad.

Las emisiones de CH_4 se estimaron mediante la ecuación 10.22 del IPCC (2019), considerando los sistemas de almacenamiento sólido, lote seco, lagunas anaerobias, estiércol líquido, distribución diaria y digestión anaerobia. La producción de sólidos volátiles se calculó mediante la ecuación 10.22A utilizando las tasas de excreción y pesos promedio correspondientes a cada subcategoría. Los factores de emisión fueron ajustados en función de la temperatura promedio departamental, siguiendo el mismo procedimiento aplicado para ovinos.

Las emisiones directas de N_2O se estimaron mediante la ecuación 10.25 utilizando los factores de emisión por defecto del IPCC (2019), mientras que la excreción de nitrógeno se calculó mediante la ecuación 10.30. Las emisiones totales corresponden a la suma de todos los sistemas de gestión considerados para cada departamento. De igual manera, el cálculo de las emisiones de CN+CC se estructuró bajo el enfoque metodológico de Nivel 1 (factores por defecto) (Tabla 5-31), de conformidad con las guías metodológicas EMEP/EEA de 2023 (Amon et al., 2023)

- 3.B.4. Otras especies

Las emisiones de CH_4 y N_2O correspondientes a búfalos, caprinos, aves, caballos, mulas y asnos se estimaron principalmente mediante metodología de nivel 1 (Tabla 5-31). La subcategoría de aves se desarrolló mediante un nivel 1 avanzado, diferenciando pollos de engorde y gallinas ponedoras.

Los sistemas de gestión considerados incluyen almacenamiento sólido, lote seco y pastoreo, según la especie. Las emisiones de CH_4 se calcularon siguiendo la misma metodología descrita para ovinos y porcinos, utilizando tasas de producción de sólidos volátiles, factores de emisión dependientes de la temperatura y distribuciones nacionales de los sistemas de manejo. Las emisiones directas de N_2O se estimaron con la ecuación 10.25 del IPCC (2019), mientras que las emisiones provenientes del estiércol depositado durante el pastoreo fueron reportadas en la categoría 3.D. De igual manera, el cálculo de las emisiones de CN+CC se estructuró bajo el enfoque metodológico de Nivel 1 (factores por defecto) (Tabla 5-31), de conformidad con las guías metodológicas EMEP/EEA de 2023 (Amon et al., 2023)

- 3.B.5. Emisiones indirectas de N_2O por gestión del estiércol

Las emisiones indirectas de N_2O asociadas a la volatilización de nitrógeno se estimaron mediante metodología de nivel 1 utilizando las ecuaciones 10.26 y 10.28 del IPCC (2019) (Tabla 5-31). El cálculo considera la cantidad de nitrógeno excretado y gestionado en cada sistema, la fracción de nitrógeno volatilizado como NH_3 y NO_x y el correspondiente factor de emisión.

La estimación utilizó la información de excreción de nitrógeno obtenida en las subcategorías 3.B.1 a 3.B.4 y las fracciones de volatilización recomendadas por la Tabla 10.22 del IPCC (2019). Se aplicó un factor de emisión de 0,005 kg N_2O-N (kg NH_3-N + NO_x-N volatilizado)$^{-1}$ para el departamento de La Guajira y de 0,014 kg N_2O-N (kg NH_3-N + NO_x-N volatilizado)$^{-1}$ para el resto del país, de acuerdo con la Tabla 11.3 del IPCC (2019).

Las emisiones indirectas por lixiviación y escorrentía no fueron estimadas debido a la ausencia de información nacional sobre las características del estiércol y demás parámetros requeridos por la metodología.

Tabla 5-31. Gestión de estiércol: Aspectos metodológicos para la estimación de GEI y CN+CC

Subcategoría	Contaminante	Nivel (Tier)	No. Ecuación	Ecuación	Fuente
3.B.1. Bovinos	CH_4	2	Ecuación 10.22	$CH_{4Estiércol} = \sum_{(T)} \left(\frac{EF_{(ge)} * N_{(T)}}{10^6} \right)$ Dónde: CH_4Estiércol = emisiones totales de CH_4 de gestión de estiércol de la categoría T, en kt CH_4 año^{-1};	IPCC, 2006. V 4. Ch 10

Subcategoría	Contaminante	Nivel (Tier)	No. Ecuación	Ecuación	Fuente
				EF(ge) = factor de emisión de CH_4 de gestión de estiércol de la categoría T, en kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}; N(T) = dato de actividad, es igual al número de cabezas de ganado especie/categoría T; T = especie / Categoría animal.	
3.B.2. Ovinos; 3.B.3. Porcinos; 3.B.4. Otros	CH_4	1	Ecuación 10.22	$$CH_{4Estiércol} = \sum_{(T)} \left(\frac{EF_{(ge)} * N_{(T)}}{10^6} \right)$$ Dónde: CH_4Estiércol = emisiones totales de CH_4 de gestión de estiércol de la categoría T, en kt CH_4 año^{-1}; EF(ge) = factor de emisión de CH_4 de gestión de estiércol de la categoría T, en kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}; N(T) = dato de actividad, es igual al número de cabezas de ganado especie/categoría T; T = especie / Categoría animal.	IPCC, 2019. V 4. Ch 10
		1	Ecuación 10.22A	$$S_{(T,P)} = \left(VS_{rate(T,P)} * \left(\frac{TAM_{T,P}}{1000} \right) \right) * 365$$ Donde: VS(T,P) = excreción anual de solidos volátiles (VS) para cada una de las categorías IPCC por sistema de productividad (cuando corresponda) (kg VS animal^{-1} año^{-1}); VSrate(T,P) = tasa de excreción de VS por defecto por sistema de productividad (cuando corresponda) (kg VS (1000 kg de masa animal) -1 día-1); TAMT,P = masa animal típica para Colombia para las categorías las categorías IPCC (kg animal -1)	IPCC, 2019. V 4. Ch 10
		1	Ecuación 10.23	$$EFCH_{4Estiércol} = \sum_{(T)} \left(VS_{(T,P)} * AWMS_{(T,S,P)} * EF_{(T,S,P)} \right)$$ Donde: EF CH_4Estiercol= factor de emisión de CH_4 de gestión de estiércol de la categoría T, en kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}; VS(T,P) = excreción anual de solidos volátiles (VS) para cada una de las categorías IPCC por sistema de productividad (cuando corresponda) (kg VS animal^{-1} año^{-1}); AWMS(T,S,P) = fracción del total anual de VS para cada especie/categoría de ganado T que se maneja en el sistema de manejo de estiércol S en el país, para el sistema de productividad P, cuando corresponda; adimensional las fracciones predeterminadas específicas de AWMS regionalmente se encuentran en las Tablas 10A.6 a 10A.9 en el Anexo 10A.2; EF(T,S,P) = factor de emisión para emisiones directas de CH_4 del sistema de gestión de estiércol S, por especie animal/categoría T, en el sistema de gestión de estiércol S, para el sistema de productividad P, cuando corresponda.	IPCC, 2019. V 4. Ch 10
	N_2O	1	Ecuación 10.25	$$N_2O_{D(ge)} = \left[\sum_{S} \left[\sum_{T,P} \left(\left(N_{(T,P)} * Nex_{(T,P)} \right) * AWMS_{(T,S,P)} \right) \right] * EF_{3(S)} \right] * \left(\frac{44}{28} \right)$$ Dónde: N_2O D(ge) = emisiones directas de N_2Ode la gestión de estiércol, kg N_2O año -1; N(T,P) = dato de actividad, es igual al número de cabezas de ganado especie/categoría T clasificado como sistema productivo P; Nex(T,P) = excreción promedio anual de Nitrógeno por cabeza de la especie/categoría T para el sistema productivo P, kg de N animal -1 año -1; AWMS = fracción del estiércol manejado utilizando un determinado sistema de gestión de residuos animales, en %; EF3(S) = factor de emisión parta N_2O (directo) del sistema de gestión de estiércol S (IPCC, 2019 (Tabla 10.21)), kg N_2O-N kg N-1; S = sistema de gestión de estiércol; T = especies/categoría animal; P = nivel de productividad	IPCC, 2019. V 4. Ch 10
		1	Ecuación 10.30	$$Nex_{(T,P)} = N_{tasa(T,P)} * \left(\frac{Peso_{(T,P)}}{1000} \right) * 365$$ Dónde: Nex(T,P) = excreción promedio anual de Nitrógeno por cabeza de la especie/categoría T para el sistema productivo P, kg de N animal -1 año -1; Ntasa(T,P) = tasa de excreción por defecto de nitrógeno para la categoría T y el nivel de producción P, kg N (Tabla 10.19 (IPCC, 2019)); Peso(T,P) = peso promedio de la categoría T, kg animal -1; P = nivel de producción (alta o baja producción).	IPCC, 2019. V 4. Ch 10

Subcategoría	Contaminante	Nivel (Tier)	No. Ecuación	Ecuación	Fuente
3.B.1. Bovinos; 3.B.2. Ovinos; 3.B.3. Porcinos; 3.B.4. Otros	NOx; NH3; COVDM; PM2.5; PM10	1	Ecuación 1.	$E_{Pullatant-animal} = APP_{animal} * EF_{pollutant-animal}$ Donde AAPanimal es el número de animales de una categoría particular que están presentes, en promedio, dentro del año	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B
3.B.5. Emisiones indirectas de N_2O de gestión de estiércol	N_2O	1	Ecuación 10.28	$N_2O_{G(ge)} = (N_{volatilización-SGE} * EF_4) * \frac{44}{28}$ Dónde: $N_2OG(ge)$ = emisiones indirectas de N_2O de la gestión de estiércol, kg N_2O $año^{-1}$; Volatilización-SGE = cantidad de nitrógeno del estiércol que se pierde debido a la volatilización de NH_3 y NOx por sistema de gestión de estiércol, kg N $año^{-1}$; EF4 = factor de emisión para emisiones de N_2O resultantes de la deposición atmosférica de nitrógeno en la superficie del suelo o del agua , kg N_2O-N (kg NH_3-N + NOx-N volatilizado)-1; dado en el Capítulo 11, Cuadro 11.3 (IPCC, 2019).	IPCC, 2019. V 4. Ch 10
	N_2O	1	Ecuación 10.26	$N_{volatilización-SGE} = \left[\sum_S \left[\sum_{T,P} \left((N_{(T,P)} * Nex_{(T,P)}) * SGE_{(T,S,P)}\right)\right] * Frac_{GasMS(T,S)}\right]$ Dónde: Volatilización-SGE = cantidad de nitrógeno del estiércol que se pierde debido a la volatilización de NH_3 y NOx por sistema de gestión de estiércol, kg N $año^{-1}$; N(T,P) = dato de actividad, es igual al número de cabezas de ganado especie/categoría T clasificado como sistema productivo P; Nex(T,P) = excreción promedio anual de Nitrógeno por cabeza de la especie/categoría T para el sistema productivo P, kg de N animal -1 año -1; SGE = fracción del estiércol manejado utilizando un determinado sistema de gestión de residuos animales, en %; FracGasMS(T,S) = fracción de nitrógeno del estiércol gestionado para la categoría de ganado T que se volatiliza como NH_3 y NOx en el sistema de gestión del estiércol S ((IPCC, 2019; Tabla 10.22).	IPCC, 2019. V 4. Ch 10

Fuente: Elaboración propia.

5.3.2.1 Datos de actividad de la categoría

Los datos de actividad empleados en las subcategorías 3.B.1 a 3.B.4 son los mismos utilizados en las correspondientes subcategorías de la categoría 3.A (Fermentación entérica). De igual forma, la estimación de la subcategoría 3.B.5 utiliza la misma información de actividad de la categoría 3.A, a partir de la cual se calcula la excreción de nitrógeno y su distribución entre los sistemas de gestión del estiércol (Tabla 5-13; Tabla 5-14; Tabla 5-15).

5.3.2.2 Factores de emisión aplicados en la categoría

A continuación (Tabla 5-32), se presenta un compilado de los factores de emisión utilizados para la estimación de las emisiones de CH_4 y N_2O asociadas a la gestión del estiércol en las diferentes subcategorías evaluadas.

Tabla 5-32. Gestión de estiércol: factores de emisión aplicados para GEI y CN+CC

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad	Observación
3.B.1.a.iv. 1. Vacas de alta Producción	Ideam, (Modelo AFOLU 1 Colombia)	2	CS	CH_4	NA	kg CH_4 $cabeza^{-1}$ $año^{-1}$	Caribe húmedo (Proyecto Biocarbono Orinoquia)
3.B.1.a.iv. 1. Vacas de alta Producción	Ideam, (Modelo AFOLU 1 Colombia)	2	CS	CH_4	NA	kg CH_4 $cabeza^{-1}$ $año^{-1}$	Caribe Seco (Proyecto Biocarbono Orinoquia)
3.B.1.a.iv. 1. Vacas de alta	Ideam, (Modelo	2	CS	CH_4	8,98	kg CH_4 $cabeza^{-1}$ $año^{-1}$	Cundiboyacense (Proyecto Biocarbono Orinoquia)

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad	Observación
Producción	AFOLU 1 Colombia)						
3.B.1.a.iv. 1. Vacas de alta Producción	Ideam, (Modelo AFOLU 1 Colombia)	2	CS	CH_4	9,32	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Eje Cafetero y Valle del Cauca (Proyecto Biocarbono Orinoquia)
3.B.1.a.iv. 1. Vacas de alta Producción	Ideam, (Modelo AFOLU 1 Colombia)	2	CS	CH_4	NA	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Magdalena Medio (Proyecto Biocarbono Orinoquia)
3.B.1.a.iv. 1. Vacas de alta Producción	Ideam, (Modelo AFOLU 1 Colombia)	2	CS	CH_4	NA	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Orinoquía (Proyecto Biocarbono Orinoquia)
3.B.1.a.iv. 1. Vacas de alta Producción	Ideam, (Modelo AFOLU 1 Colombia)	2	CS	CH_4	NA	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Santanderes (Proyecto Biocarbono Orinoquia)
3.B.1.a.iv. 1. Vacas de alta Producción	Ideam, (Modelo AFOLU 1 Colombia)	2	CS	CH_4	NA	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Selvas tropicales e Islas (Proyecto Biocarbono Orinoquia)
3.B.1.a.iv. 1. Vacas de alta Producción	Ideam, (Modelo AFOLU 1 Colombia)	2	CS	CH_4	NA	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Sur Centro (Proyecto Biocarbono Orinoquia)
3.B.1.a.iv. 1. Vacas de alta Producción	Ideam, (Modelo AFOLU 1 Colombia)	2	CS	CH_4	6,97	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Sur Occidente (Proyecto Biocarbono Orinoquia)
3.B.1.a.iv. 2. Vacas de baja Producción	Ideam, (Modelo AFOLU 1 Colombia)	2	CS	CH_4	0,71	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Caribe húmedo (Proyecto Biocarbono Orinoquia)
3.B.1.a.iv. 2. Vacas de baja Producción	Ideam, (Modelo AFOLU 1 Colombia)	2	CS	CH_4	0,62	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Caribe Seco (Proyecto Biocarbono Orinoquia)
3.B.1.a.iv. 2. Vacas de baja Producción	Ideam, (Modelo AFOLU 1 Colombia)	2	CS	CH_4	0,69	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Cundiboyacense (Proyecto Biocarbono Orinoquia)
3.B.1.a.iv. 2. Vacas de baja Producción	Ideam, (Modelo AFOLU 1 Colombia)	2	CS	CH_4	0,9	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Eje Cafetero y Valle del Cauca (Proyecto Biocarbono Orinoquia)
3.B.1.a.iv. 2. Vacas de baja	Ideam, (Modelo AFOLU 1 Colombia)	2	CS	CH_4	0,57	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Magdalena Medio (Proyecto Biocarbono Orinoquia)

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad	Observación
Producción							
3.B.1.a.iv. 2. Vacas de baja Producción	Ideam, (Modelo AFOLU 1 Colombia)	2	CS	CH_4	0,75	kg CH_4 $cabeza^{-1}$ $año^{-1}$	Orinoquía (Proyecto Biocarbono Orinoquia)
3.B.1.a.iv. 2. Vacas de baja Producción	Ideam, (Modelo AFOLU 1 Colombia)	2	CS	CH_4	0,79	kg CH_4 $cabeza^{-1}$ $año^{-1}$	Santanderes (Proyecto Biocarbono Orinoquia)
3.B.1.a.iv. 2. Vacas de baja Producción	Ideam, (Modelo AFOLU 1 Colombia)	2	CS	CH_4	0,57	kg CH_4 $cabeza^{-1}$ $año^{-1}$	Selvas tropicales e Islas (Proyecto Biocarbono Orinoquia)
3.B.1.a.iv. 2. Vacas de baja Producción	Ideam, (Modelo AFOLU 1 Colombia)	2	CS	CH_4	0,76	kg CH_4 $cabeza^{-1}$ $año^{-1}$	Sur Centro (Proyecto Biocarbono Orinoquia)
3.B.1.a.iv. 2. Vacas de baja Producción	Ideam, (Modelo AFOLU 1 Colombia)	2	CS	CH_4	0,72	kg CH_4 $cabeza^{-1}$ $año^{-1}$	Sur Occidente (Proyecto Biocarbono Orinoquia)
3.B.1.a.iv. 3. Vacas para producción de carne	Ideam, (Modelo AFOLU 1 Colombia)	2	CS	CH_4	0,62	kg CH_4 $cabeza^{-1}$ $año^{-1}$	Caribe húmedo (Proyecto Biocarbono Orinoquia)
3.B.1.a.iv. 3. Vacas para producción de carne	Ideam, (Modelo AFOLU 1 Colombia)	2	CS	CH_4	0,74	kg CH_4 $cabeza^{-1}$ $año^{-1}$	Caribe Seco (Proyecto Biocarbono Orinoquia)
3.B.1.a.iv. 3. Vacas para producción de carne	Ideam, (Modelo AFOLU 1 Colombia)	2	CS	CH_4	0,66	kg CH_4 $cabeza^{-1}$ $año^{-1}$	Cundiboyacense (Proyecto Biocarbono Orinoquia)
3.B.1.a.iv. 3. Vacas para producción de carne	Ideam, (Modelo AFOLU 1 Colombia)	2	CS	CH_4	0,78	kg CH_4 $cabeza^{-1}$ $año^{-1}$	Eje Cafetero y Valle del Cauca (Proyecto Biocarbono Orinoquia)
3.B.1.a.iv. 3. Vacas para producción de carne	Ideam, (Modelo AFOLU 1 Colombia)	2	CS	CH_4	0,68	kg CH_4 $cabeza^{-1}$ $año^{-1}$	Magdalena Medio (Proyecto Biocarbono Orinoquia)
3.B.1.a.iv. 3. Vacas para producc	Ideam, (Modelo AFOLU 1 Colombia)	2	CS	CH_4	0,74	kg CH_4 $cabeza^{-1}$ $año^{-1}$	Orinoquía (Proyecto Biocarbono Orinoquia)

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad	Observación
ión de carne							
3.B.1.a.iv. 3. Vacas para producción de carne	Ideam, (Modelo AFOLU 1 Colombia)	2	CS	CH_4	0,62	kg CH_4 $cabeza^{-1}$ $año^{-1}$	Santanderes (Proyecto Biocarbono Orinoquia)
3.B.1.a.iv. 3. Vacas para producción de carne	Ideam, (Modelo AFOLU 1 Colombia)	2	CS	CH_4	0,66	kg CH_4 $cabeza^{-1}$ $año^{-1}$	Selvas tropicales e Islas (Proyecto Biocarbono Orinoquia)
3.B.1.a.iv. 3. Vacas para producción de carne	Ideam, (Modelo AFOLU 1 Colombia)	2	CS	CH_4	0,61	kg CH_4 $cabeza^{-1}$ $año^{-1}$	Sur Centro (Proyecto Biocarbono Orinoquia)
3.B.1.a.iv. 3. Vacas para producción de carne	Ideam, (Modelo AFOLU 1 Colombia)	2	CS	CH_4	0,64	kg CH_4 $cabeza^{-1}$ $año^{-1}$	Sur Occidente (Proyecto Biocarbono Orinoquia)
3.B.1.a.iv. 4. Toros utilizados con fines reproductivos	Ideam, (Modelo AFOLU 1 Colombia)	2	CS	CH_4	0,7	kg CH_4 $cabeza^{-1}$ $año^{-1}$	Caribe húmedo (Proyecto Biocarbono Orinoquia)
3.B.1.a.iv. 4. Toros utilizados con fines reproductivos	Ideam, (Modelo AFOLU 1 Colombia)	2	CS	CH_4	0,83	kg CH_4 $cabeza^{-1}$ $año^{-1}$	Caribe Seco (Proyecto Biocarbono Orinoquia)
3.B.1.a.iv. 4. Toros utilizados con fines reproductivos	Ideam, (Modelo AFOLU 1 Colombia)	2	CS	CH_4	0,61	kg CH_4 $cabeza^{-1}$ $año^{-1}$	Cundiboyacense (Proyecto Biocarbono Orinoquia)
3.B.1.a.iv. 4. Toros utilizados con fines reproductivos	Ideam, (Modelo AFOLU 1 Colombia)	2	CS	CH_4	0,7	kg CH_4 $cabeza^{-1}$ $año^{-1}$	Eje Cafetero y Valle del Cauca (Proyecto Biocarbono Orinoquia)
3.B.1.a.iv. 4. Toros utilizados con fines reproductivos	Ideam, (Modelo AFOLU 1 Colombia)	2	CS	CH_4	0,64	kg CH_4 $cabeza^{-1}$ $año^{-1}$	Magdalena Medio (Proyecto Biocarbono Orinoquia)

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad	Observación
3.B.1.a.iv. 4. Toros utilizados con fines reproductivos	Ideam, (Modelo AFOLU 1 Colombia)	2	CS	CH_4	0,89	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Orinoquía (Proyecto Biocarbono Orinoquia)
3.B.1.a.iv. 4. Toros utilizados con fines reproductivos	Ideam, (Modelo AFOLU 1 Colombia)	2	CS	CH_4	0,79	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Santanderes (Proyecto Biocarbono Orinoquia)
3.B.1.a.iv. 4. Toros utilizados con fines reproductivos	Ideam, (Modelo AFOLU 1 Colombia)	2	CS	CH_4	0,76	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Selvas tropicales e Islas (Proyecto Biocarbono Orinoquia)
3.B.1.a.iv. 4. Toros utilizados con fines reproductivos	Ideam, (Modelo AFOLU 1 Colombia)	2	CS	CH_4	0,68	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Sur Centro (Proyecto Biocarbono Orinoquia)
3.B.1.a.iv. 4. Toros utilizados con fines reproductivos	Ideam, (Modelo AFOLU 1 Colombia)	2	CS	CH_4	0,71	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Sur Occidente (Proyecto Biocarbono Orinoquia)
3.B.1.a.iv. 5. Terneros pre-desteto s	Ideam, (Modelo AFOLU 1 Colombia)	2	CS	CH_4	0,17	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Caribe húmedo (Proyecto Biocarbono Orinoquia)
3.B.1.a.iv. 5. Terneros pre-desteto s	Ideam, (Modelo AFOLU 1 Colombia)	2	CS	CH_4	0,18	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Caribe Seco (Proyecto Biocarbono Orinoquia)
3.B.1.a.iv. 5. Terneros pre-desteto s	Ideam, (Modelo AFOLU 1 Colombia)	2	CS	CH_4	0,21	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Cundiboyacense (Proyecto Biocarbono Orinoquia)
3.B.1.a.iv. 5. Terneros pre-desteto s	Ideam, (Modelo AFOLU 1 Colombia)	2	CS	CH_4	0,25	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Eje Cafetero y Valle del Cauca (Proyecto Biocarbono Orinoquia)
3.B.1.a.iv. 5. Ternero	Ideam, (Modelo	2	CS	CH_4	0,22	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Magdalena Medio (Proyecto Biocarbono Orinoquia)

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad	Observación
s pre-destetos	AFOLU 1 Colombia)						
3.B.1.a.iv.5. Terneros pre-destetos	Ideam, (Modelo AFOLU 1 Colombia)	2	CS	CH_4	0,21	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Orinoquía (Proyecto Biocarbono Orinoquia)
3.B.1.a.iv.5. Terneros pre-destetos	Ideam, (Modelo AFOLU 1 Colombia)	2	CS	CH_4	0,21	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Santanderes (Proyecto Biocarbono Orinoquia)
3.B.1.a.iv.5. Terneros pre-destetos	Ideam, (Modelo AFOLU 1 Colombia)	2	CS	CH_4	0,2	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Selvas tropicales e Islas (Proyecto Biocarbono Orinoquia)
3.B.1.a.iv.5. Terneros pre-destetos	Ideam, (Modelo AFOLU 1 Colombia)	2	CS	CH_4	0,23	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Sur Centro (Proyecto Biocarbono Orinoquia)
3.B.1.a.iv.5. Terneros pre-destetos	Ideam, (Modelo AFOLU 1 Colombia)	2	CS	CH_4	0,18	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Sur Occidente (Proyecto Biocarbono Orinoquia)
3.B.1.a.iv.6. Novillas de reemplazo	Ideam, (Modelo AFOLU 1 Colombia)	2	CS	CH_4	0,49	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Caribe húmedo (Proyecto Biocarbono Orinoquia)
3.B.1.a.iv.6. Novillas de reemplazo	Ideam, (Modelo AFOLU 1 Colombia)	2	CS	CH_4	0,51	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Caribe Seco (Proyecto Biocarbono Orinoquia)
3.B.1.a.iv.6. Novillas de reemplazo	Ideam, (Modelo AFOLU 1 Colombia)	2	CS	CH_4	0,44	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Cundiboyacense (Proyecto Biocarbono Orinoquia)
3.B.1.a.iv.6. Novillas de reemplazo	Ideam, (Modelo AFOLU 1 Colombia)	2	CS	CH_4	0,57	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Eje Cafetero y Valle del Cauca (Proyecto Biocarbono Orinoquia)
3.B.1.a.iv.6. Novillas de	Ideam, (Modelo AFOLU 1 Colombia)	2	CS	CH_4	0,53	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Magdalena Medio (Proyecto Biocarbono Orinoquia)

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad	Observación
reemplazo							
3.B.1.a.iv.6. Novillas de reemplazo	Ideam, (Modelo AFOLU 1 Colombia)	2	CS	CH_4	0,54	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Orinoquía (Proyecto Biocarbono Orinoquia)
3.B.1.a.iv.6. Novillas de reemplazo	Ideam, (Modelo AFOLU 1 Colombia)	2	CS	CH_4	0,54	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Santanderes (Proyecto Biocarbono Orinoquia)
3.B.1.a.iv.6. Novillas de reemplazo	Ideam, (Modelo AFOLU 1 Colombia)	2	CS	CH_4	0,52	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Selvas tropicales e Islas (Proyecto Biocarbono Orinoquia)
3.B.1.a.iv.6. Novillas de reemplazo	Ideam, (Modelo AFOLU 1 Colombia)	2	CS	CH_4	0,57	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Sur Centro (Proyecto Biocarbono Orinoquia)
3.B.1.a.iv.6. Novillas de reemplazo	Ideam, (Modelo AFOLU 1 Colombia)	2	CS	CH_4	0,5	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Sur Occidente (Proyecto Biocarbono Orinoquia)
3.B.1.a.iv.7. Ganado de engorde	Ideam, (Modelo AFOLU 1 Colombia)	2	CS	CH_4	0,44	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Caribe húmedo (Proyecto Biocarbono Orinoquia)
3.B.1.a.iv.7. Ganado de engorde	Ideam, (Modelo AFOLU 1 Colombia)	2	CS	CH_4	0,5	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Caribe Seco (Proyecto Biocarbono Orinoquia)
3.B.1.a.iv.7. Ganado de engorde	Ideam, (Modelo AFOLU 1 Colombia)	2	CS	CH_4	0,47	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Cundiboyacense (Proyecto Biocarbono Orinoquia)
3.B.1.a.iv.7. Ganado de engorde	Ideam, (Modelo AFOLU 1 Colombia)	2	CS	CH_4	0,53	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Eje Cafetero y Valle del Cauca (Proyecto Biocarbono Orinoquia)
3.B.1.a.iv.7. Ganado de engorde	Ideam, (Modelo AFOLU 1 Colombia)	2	CS	CH_4	0,51	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Magdalena Medio (Proyecto Biocarbono Orinoquia)

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad	Observación
3.B.1.a.iv.7. Ganado de engorde	Ideam, (Modelo AFOLU 1 Colombia)	2	CS	CH_4	0,4	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Orinoquía (Proyecto Biocarbono Orinoquia)
3.B.1.a.iv.7. Ganado de engorde	Ideam, (Modelo AFOLU 1 Colombia)	2	CS	CH_4	0,45	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Santanderes (Proyecto Biocarbono Orinoquia)
3.B.1.a.iv.7. Ganado de engorde	Ideam, (Modelo AFOLU 1 Colombia)	2	CS	CH_4	0,4	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Selvas tropicales e Islas (Proyecto Biocarbono Orinoquia)
3.B.1.a.iv.7. Ganado de engorde	Ideam, (Modelo AFOLU 1 Colombia)	2	CS	CH_4	0,45	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Sur Centro (Proyecto Biocarbono Orinoquia)
3.B.1.a.iv.7. Ganado de engorde	Ideam, (Modelo AFOLU 1 Colombia)	2	CS	CH_4	0,45	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Sur Occidente (Proyecto Biocarbono Orinoquia)
3.B.1.a.iv.1. Vacas de alta Producción	IPCC – 2019, Volumen 4, Capítulo 10. Cuadro 10.21	1a		N_2O	0	kg N_2O-N kgN-1kgNexcretado	Laguna anaerobia descubierta: Sistema de gestión del estiércol en el que el estiércol líquido se almacena en lagunas anaerobias durante periodos prolongados, favoreciendo la descomposición en ausencia de oxígeno. El efluente puede reutilizarse para riego, fertilización o limpieza de instalaciones.
3.B.1.a.iv.2. Vacas de baja Producción	IPCC – 2019, Volumen 4, Capítulo 10. Cuadro 10.21	1a		N_2O	0,02	kg N_2O – NkgN-1kgNexcretado	Lote seco (corral): Sistema de gestión del estiércol en el que el estiércol se acumula sobre la superficie de corrales descubiertos, pavimentados o no pavimentados, donde permanece en condiciones predominantemente secas hasta su remoción periódica.
3.B.1.a.iv.3. Vacas para producción de carne	Las emisiones directas de N_2O del estiércol depositado en pasturas se estiman siguiendo el Capítulo 11, Sección 11.2, Emisiones de N_2O de	NA		N_2O	NA		Pastizales: Sistema de gestión del estiércol en el que la orina y las heces son depositadas directamente por los animales sobre las áreas de pastoreo, sin recolección ni almacenamiento
3.B.1.a.iv.4. Toros utilizados con fines reproductivos		NA		N_2O	NA		

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad	Observación
3.B.1.a.iv.5. Terneros pre-destetos	suelos gestionados	NA		N_2O	NA		
3.B.1.a.iv.6. Novillas de reemplazo		NA		N_2O	NA		
3.B.1.a.iv.7. Ganado de engorde		NA		N_2O	NA		
3.B.2.a.i. Ovinos	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadros 10.17 y 10.14 ajustado por temperatura	1	D	CH_4	0,07	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Amazonas
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadros 10.17 y 10.14 ajustado por temperatura	1	D	CH_4	0,07	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Antioquia
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadros 10.17 y 10.14 ajustado por temperatura	1	D	CH_4	0,07	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Arauca
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadros 10.17 y 10.14 ajustado por temperatura	1	D	CH_4	0,07	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Archipiélago de San Andrés y Providencia
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadros 10.17 y 10.14 ajustado por temperatura	1	D	CH_4	0,07	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Atlántico
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadros 10.17 y 10.14 ajustado por temperatura	1	D	CH_4	0,06	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Bogotá, D. C.
	IPCC, 2019. V4, Ch10,	1	D	CH_4	0,07	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Bolívar

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad	Observación
	Cuadros 10.17 y 10.14 ajustado por temperatura						
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadros 10.17 y 10.14 ajustado por temperatura	1	D	CH_4	0,06	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Boyacá
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadros 10.17 y 10.14 ajustado por temperatura	1	D	CH_4	0,06	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Caldas
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadros 10.17 y 10.14 ajustado por temperatura	1	D	CH_4	0,07	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Caquetá
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadros 10.17 y 10.14 ajustado por temperatura	1	D	CH_4	0,07	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Casanare
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadros 10.17 y 10.14 ajustado por temperatura	1	D	CH_4	0,06	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Cauca
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadros 10.17 y 10.14 ajustado por temperatura	1	D	CH_4	0,07	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Cesar
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadros 10.17 y 10.14 ajustado por temperatura	1	D	CH_4	0,07	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Choco
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadros 10.17 y 10.14 ajustado por temperatura	1	D	CH_4	0,07	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Córdoba

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad	Observación
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadros 10.17 y 10.14 ajustado por temperatura	1	D	CH_4	0,06	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Cundinamarca
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadros 10.17 y 10.14 ajustado por temperatura	1	D	CH_4	0,07	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Guainía
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadros 10.17 y 10.14 ajustado por temperatura	1	D	CH_4	0,07	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Guaviare
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadros 10.17 y 10.14 ajustado por temperatura	1	D	CH_4	0,07	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Huila
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadros 10.17 y 10.14 ajustado por temperatura	1	D	CH_4	0,07	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	La Guajira
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadros 10.17 y 10.14 ajustado por temperatura	1	D	CH_4	0,07	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Magdalena
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadros 10.17 y 10.14 ajustado por temperatura	1	D	CH_4	0,07	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Meta
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadros 10.17 y 10.14 ajustado por temperatura	1	D	CH_4	0,06	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Nariño
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadros 10.17 y 10.14 ajustado por	1	D	CH_4	0,07	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Norte de Santander

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad	Observación
	temperatura						
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadros 10.17 y 10.14 ajustado por temperatura	1	D	CH_4	0,07	kg CH_4 $cabeza^{-1}$ $año^{-1}$	Putumayo
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadros 10.17 y 10.14 ajustado por temperatura	1	D	CH_4	0,06	kg CH_4 $cabeza^{-1}$ $año^{-1}$	Quindío
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadros 10.17 y 10.14 ajustado por temperatura	1	D	CH_4	0,06	kg CH_4 $cabeza^{-1}$ $año^{-1}$	Risaralda
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadros 10.17 y 10.14 ajustado por temperatura	1	D	CH_4	0,07	kg CH_4 $cabeza^{-1}$ $año^{-1}$	Santander
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadros 10.17 y 10.14 ajustado por temperatura	1	D	CH_4	0,07	kg CH_4 $cabeza^{-1}$ $año^{-1}$	Sucre
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadros 10.17 y 10.14 ajustado por temperatura	1	D	CH_4	0,07	kg CH_4 $cabeza^{-1}$ $año^{-1}$	Tolima
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadros 10.17 y 10.14 ajustado por temperatura	1	D	CH_4	0,07	kg CH_4 $cabeza^{-1}$ $año^{-1}$	Valle del Cauca
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadros 10.17 y 10.14 ajustado por temperatura	1	D	CH_4	0,07	kg CH_4 $cabeza^{-1}$ $año^{-1}$	Vaupés
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadros 10.17 y 10.14	1	D	CH_4	0,07	kg CH_4 $cabeza^{-1}$ $año^{-1}$	Vichada

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad	Observación
	ajustado por temperatura						
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.21	1	D	N_2O	0,02	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Lote seco (corral): Sistema de gestión del estiércol en el que este se deposita sobre la superficie de corrales descubiertos, pavimentados o no pavimentados, y se retira periódicamente una vez seco.
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.21	NA	D	N_2O	NA	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Pastizales: Es el estiércol de los ovinos que permanecen en pastoreo, este estiércol no se gestiona.
3.B.3.a.i. Porcinos < 6 meses	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	7,17	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Amazonas
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	7,22	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Antioquia
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	7,04	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Arauca
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	7,27	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Archipiélago de San Andrés y Providencia
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	12,6	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Atlántico
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	3,62	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Bogotá, D. C.
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	8,85	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Bolívar
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	3,25	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Boyacá
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	3,58	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Caldas
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	11,3	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Caquetá
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	3,9	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Casanare
	IPCC, 2019, V4, Ch10,	1a	CS	CH_4	3,12	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Cauca

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad	Observación
	Cuadro 10.17 y 10.14.						
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	10,2	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Cesar
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	13	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Choco
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	11	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Córdoba
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	3,42	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Cundinamarca
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	7,15	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Guainía
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	6,87	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Guaviare
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	11,1	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Huila
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	6,91	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	La Guajira
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	14,5	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Magdalena
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	6,05	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Meta
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	2,55	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Nariño
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	2,54	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Norte de Santander
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	6,55	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Putumayo
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	4,34	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Quindío
	IPCC, 2019, V4, Ch10,	1a	CS	CH_4	3,47	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Risaralda

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad	Observación
	Cuadro 10.17 y 10.14.						
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	4,91	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Santander
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	9,53	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Sucre
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	5,58	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Tolima
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	4,29	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Valle del Cauca
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	6,93	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Vaupés
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	7,11	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Vichada
3.B.3.a.ii Porcinos > 6 meses	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	9,85	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Amazonas
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	9,91	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Antioquia
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	9,67	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Arauca
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	9,99	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Archipiélago de San Andrés y Providencia
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	17,3	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Atlántico
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	4,97	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Bogotá, D. C.
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	12,2	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Bolívar
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	4,47	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Boyacá
	IPCC, 2019, V4, Ch10,	1a	CS	CH_4	4,92	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Caldas

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad	Observación
	Cuadro 10.17 y 10.14.						
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	15,5	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Caquetá
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	5,35	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Casanare
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	4,29	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Cauca
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	14	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Cesar
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	17,8	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Choco
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	15,1	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Córdoba
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	4,7	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Cundinamarca
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	9,82	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Guainía
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	9,44	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Guaviare
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	15,3	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Huila
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	9,5	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	La Guajira
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	19,9	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Magdalena
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	8,31	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Meta
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	3,5	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Nariño
	IPCC, 2019, V4, Ch10,	1a	CS	CH_4	3,49	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Norte de Santander

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad	Observación
	Cuadro 10.17 y 10.14.						
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	9	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Putumayo
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	5,96	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Quindío
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	4,76	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Risaralda
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	6,75	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Santander
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	13,1	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Sucre
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	7,67	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Tolima
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	5,89	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Valle del Cauca
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	9,51	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Vaupés
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	9,77	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Vichada
3.B.3.a.iii. Porcinos baja productividad	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	11,9	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Amazonas
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	8,44	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Antioquia
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	11,6	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Arauca
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	12,1	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Archipiélago de San Andrés y Providencia
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	12,1	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Atlántico
	IPCC, 2019, V4, Ch10,	1a	CS	CH_4	4,6	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Bogotá, D. C.

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad	Observación
	Cuadro 10.17 y 10.14.						
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	11,7	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Bolívar
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	6,05	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Boyacá
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	7,28	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Caldas
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	10,8	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Caquetá
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	11,4	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Casanare
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	6,72	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Cauca
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	11	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Cesar
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	12,1	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Choco
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	12	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Córdoba
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	6,6	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Cundinamarca
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	11,8	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Guainía
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	11,2	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Guaviare
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	7,73	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Huila
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	11,3	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	La Guajira
	IPCC, 2019, V4, Ch10,	1a	CS	CH_4	11,7	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Magdalena

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad	Observación
	Cuadro 10.17 y 10.14.						
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	11,1	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Meta
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	6,79	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Nariño
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	8,11	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Norte de Santander
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	10,5	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Putumayo
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	6,93	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Quindío
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	6,99	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Risaralda
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	8,47	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Santander
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	12	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Sucre
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	8,16	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Tolima
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	7,49	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Valle del Cauca
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	11,3	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Vaupés
	IPCC, 2019, V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1a	CS	CH_4	11,7	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Vichada
3.B.3. Porcinos	IPCC, 2019, V4, Ch10. Cuadro 10.21	1a	D	N_2O	0,01	kg N_2O – N kg N^{-1} kg N excretado	Almacenamiento sólido: Sistema de gestión del estiércol en el que el estiércol se apila y almacena en estado sólido durante varios meses antes de su disposición o aprovechamiento
	IPCC, 2019, V4, Ch10. Cuadro 10.21	1a	D	N_2O	0,02	kg N_2O – N kg N^{-1} kg N excretado	Lote seco (corral): Sistema de manejo en el que el estiércol se acumula sobre la superficie de un lote o corral, pavimentado o

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad	Observación
							sin pavimentar, y se retira periódicamente una vez seco
	IPCC, 2019, V4, Ch10. Cuadro 10.21	1a	D	N_2O	0	kg N_2O – N kg N^{-1} kg N excretado	Laguna anaerobia descubierta: Sistema de gestión de estiércol líquido en el que este se almacena durante periodos prolongados (generalmente hasta un año o más). El efluente puede reutilizarse para el lavado de instalaciones o aplicarse al suelo con fines de riego y fertilización
	IPCC, 2019, V4, Ch10. Cuadro 10.21	1a	D	N_2O	0,01	kg N_2O – N kg N^{-1} kg N excretado	Estiércol líquido (< 1 mes): Sistema de gestión en el que el estiércol se almacena, tal como es excretado o con una mínima adición de agua, en tanques o estanques de tierra durante un período inferior a un mes, antes de su tratamiento o disposición final
	IPCC, 2019, V4, Ch10. Cuadro 10.21	1a	D	N_2O	0	kg N_2O – N kg N^{-1} kg N excretado	Aspersión diaria: Sistema de gestión en el que el estiércol se retira de las instalaciones de confinamiento y se aplica a tierras de cultivo o pasturas dentro de las 24 horas posteriores a su excreción. En este sistema se asume que las emisiones directas de N_2O durante el almacenamiento son insignificantes; las emisiones derivadas de la aplicación del estiércol al suelo se contabilizan en la categoría 3.D. Suelos gestionados
	IPCC, 2019, V4, Ch10. Cuadro 10.21	1a	D	N_2O	0	kg N_2O – N kg N^{-1} kg N excretado	Digestión anaeróbica: Sistema de tratamiento del estiércol mediante biodigestores, en el que los compuestos orgánicos son degradados por microorganismos en ausencia de oxígeno, generando biogás compuesto principalmente por CH_4 y CO_2. El CH4 producido se captura para su aprovechamiento energético o su combustión controlada
3.B.4.a. Búfalos	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	1,54	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Amazonas
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	1,53	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Antioquia
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	1,54	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Arauca
	IPCC, 2019. V4, Ch10,	1	CS	CH_4	1,54	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Archipiélago de San Andrés y Providencia

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad	Observación
	Cuadro 10.17 y 10.14.						
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	1,54	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Atlántico
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	1,49	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Bogotá, D. C.
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	1,54	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Bolívar
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	1,51	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Boyacá
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	1,52	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Caldas
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	1,54	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Caquetá
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	1,54	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Casanare
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	1,52	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Cauca
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	1,54	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Cesar
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	1,54	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Choco
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	1,54	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Córdoba
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	1,52	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Cundinamarca
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	1,54	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Guainía
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	1,54	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Guaviare
	IPCC, 2019. V4, Ch10,	1	CS	CH_4	1,53	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Huila

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad	Observación
	Cuadro 10.17 y 10.14.						
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	1,54	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	La Guajira
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	1,54	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Magdalena
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	1,54	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Meta
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	1,52	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Nariño
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	1,53	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Norte de Santander
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	1,54	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Putumayo
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	1,52	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Quindío
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	1,52	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Risaralda
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	1,53	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Santander
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	1,54	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Sucre
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	1,53	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Tolima
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	1,53	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Valle del Cauca
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	1,54	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Vaupés
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	1,54	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Vichada
	IPCC, 2019. V4, Ch10,	1	CS	CH_4	0,09	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Amazonas

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad	Observación
	Cuadro 10.17 y 10.14.						
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,08	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Antioquia
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,09	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Arauca
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,09	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Archipiélago de San Andrés y Providencia
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,09	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Atlántico
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,07	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Bogotá, D. C.
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,09	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Bolívar
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,08	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Boyacá
3.B.4.d. Caprinos	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,08	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Caldas
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,09	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Caquetá
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,09	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Casanare
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,08	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Cauca
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,09	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Cesar
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,09	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Choco
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,09	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Córdoba
	IPCC, 2019. V4, Ch10,	1	CS	CH_4	0,08	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Cundinamarca

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad	Observación
	Cuadro 10.17 y 10.14.						
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,09	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Guainía
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,09	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Guaviare
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,08	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Huila
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,09	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	La Guajira
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,09	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Magdalena
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,09	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Meta
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,08	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Nariño
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,08	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Norte de Santander
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,09	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Putumayo
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,08	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Quindío
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,08	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Risaralda
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,08	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Santander
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,09	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Sucre
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,08	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Tolima
	IPCC, 2019. V4, Ch10,	1	CS	CH_4	0,08	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Valle del Cauca

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad	Observación
	Cuadro 10.17 y 10.14.						
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,09	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Vaupés
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,09	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Vichada
3.B.4.e. Caballos	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,47	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Amazonas
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	3,36	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Antioquia
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	1,11	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Arauca
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,47	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Archipiélago de San Andrés y Providencia
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	1,11	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Atlántico
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	2,69	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Bogotá, D. C.
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	1,11	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Bolívar
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	3,07	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Boyacá
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	3,25	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Caldas
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	1,75	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Caquetá
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	1,11	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Casanare
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,47	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Cauca
	IPCC, 2019. V4, Ch10,	1	CS	CH_4	1,11	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Cesar

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad	Observación
	Cuadro 10.17 y 10.14.						
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,47	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Choco
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	1,11	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Córdoba
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	3,16	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Cundinamarca
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,47	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Guainía
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,47	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Guaviare
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	1,69	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Huila
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	1,11	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	La Guajira
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	1,11	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Magdalena
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	1,11	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Meta
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,47	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Nariño
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	2,32	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Norte de Santander
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,47	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Putumayo
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	3,2	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Quindío
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	3,21	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Risaralda
	IPCC, 2019. V4, Ch10,	1	CS	CH_4	2,34	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Santander

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad	Observación
	Cuadro 10.17 y 10.14.						
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	1,11	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Sucre
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	1,71	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Tolima
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	3,27	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Valle del Cauca
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,47	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Vaupés
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	1,11	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Vichada
3.B.4.f. Mulas y asnos	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	1,11	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Amazonas
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	1,09	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Antioquia
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	1,11	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Arauca
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	1,11	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Archipiélago de San Andrés y Providencia
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	1,11	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Atlántico
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,95	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Bogotá, D. C.
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	1,11	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Bolívar
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	1,03	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Boyacá
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	1,07	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Caldas
	IPCC, 2019. V4, Ch10,	1	CS	CH_4	1,11	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Caquetá

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad	Observación
	Cuadro 10.17 y 10.14.						
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	1,11	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Casanare
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	1,06	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Cauca
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	1,11	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Cesar
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	1,11	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Choco
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	1,11	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Córdoba
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	1,05	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Cundinamarca
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	1,11	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Guainía
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	1,11	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Guaviare
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	1,08	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Huila
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	1,11	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	La Guajira
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	1,11	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Magdalena
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	1,11	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Meta
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	1,06	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Nariño
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	1,09	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Norte de Santander
	IPCC, 2019. V4, Ch10,	1	CS	CH_4	1,11	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Putumayo

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad	Observación
	Cuadro 10.17 y 10.14.						
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	1,06	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Quindío
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	1,06	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Risaralda
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	1,1	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Santander
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	1,11	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Sucre
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	1,09	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Tolima
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	1,08	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Valle del Cauca
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	1,11	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Vaupés
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	1,11	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Vichada
3.B.4.h.v.1. Ponedoras	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,08	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Amazonas
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,07	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Antioquia
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,08	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Arauca
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,08	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Archipiélago de San Andrés y Providencia
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,08	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Atlántico
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,06	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Bogotá, D. C.
	IPCC, 2019. V4, Ch10,	1	CS	CH_4	0,08	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Bolívar

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad	Observación
	Cuadro 10.17 y 10.14.						
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,07	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Boyacá
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,08	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Caldas
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,08	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Caquetá
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,08	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Casanare
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,08	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Cauca
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,08	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Cesar
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,08	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Choco
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,08	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Córdoba
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,07	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Cundinamarca
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,08	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Guainía
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,08	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Guaviare
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,08	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Huila
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,08	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	La Guajira
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,08	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Magdalena
	IPCC, 2019. V4, Ch10,	1	CS	CH_4	0,08	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Meta

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad	Observación
	Cuadro 10.17 y 10.14.						
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,07	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Nariño
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,08	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Norte de Santander
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,08	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Putumayo
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,08	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Quindío
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,08	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Risaralda
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,08	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Santander
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,08	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Sucre
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,08	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Tolima
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,08	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Valle del Cauca
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,08	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Vaupés
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,08	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Vichada
3.B.4.h.v. 2. Pollos de engorde	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,09	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Amazonas
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,08	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Antioquia
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,09	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Arauca
	IPCC, 2019. V4, Ch10,	1	CS	CH_4	0,09	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Archipiélago de San Andrés y Providencia

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad	Observación
	Cuadro 10.17 y 10.14.						
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,09	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Atlántico
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,07	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Bogotá, D. C.
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,09	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Bolívar
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,08	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Boyacá
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,08	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Caldas
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,09	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Caquetá
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,09	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Casanare
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,09	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Cauca
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,09	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Cesar
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,09	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Choco
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,09	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Córdoba
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,08	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Cundinamarca
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,09	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Guainía
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,09	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Guaviare
	IPCC, 2019. V4, Ch10,	1	CS	CH_4	0,09	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Huila

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad	Observación
	Cuadro 10.17 y 10.14.						
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,09	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	La Guajira
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,09	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Magdalena
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,09	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Meta
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,08	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Nariño
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,09	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Norte de Santander
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,09	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Putumayo
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,09	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Quindío
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,09	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Risaralda
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,09	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Santander
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,09	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Sucre
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,09	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Tolima
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,09	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Valle del Cauca
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,09	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Vaupés
	IPCC, 2019. V4, Ch10, Cuadro 10.17 y 10.14.	1	CS	CH_4	0,09	kg CH_4 cabeza^{-1} año^{-1}	Vichada
3.B.4.e. Caballos; 3.B.4.f.	IPCC, 2019. V4, Ch10. Cuadro 10.21	1a	D	N_2O	0,01	kg N_2O -N kg N^{-1} kg N excretado	Almacenamiento sólido: Sistema de gestión en el que el estiércol sólido se apila y almacena

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad	Observación
Mulas y asnos; 3.B.4.h.v.1. Ponedoras; 3.B.4.h.v.2. Pollos de engorde							durante varios meses antes de su disposición o aprovechamiento.
3.B.4.a. Búfalos; 3.B.4.d. Caprinos	IPCC, 2019. V4, Ch10. Cuadro 10.21	1	D	N_2O	0,02	kg N_2O -N kg N^{-1} kg N excretado	Lote seco (corral): Sistema de gestión en el que el estiércol sólido se acumula sobre la superficie de corrales pavimentados o sin pavimentar y se retira periódicamente
	IPCC, 2019. V4, Ch10. Cuadro 10.21	NA	D	NA	NA		Pastizales: Sistema de gestión en el que el estiércol y la orina de los búfalos y caprinos se depositan directamente sobre las pasturas durante el pastoreo, sin ser recolectados ni gestionados.
3.B.5. Emisiones indirectas de N_2O de gestión de estiércol	IPCC, 2019. V4, Ch11, Cuadro 11.3	1a	D	N_2O	0,01	kg N_2O -N (kg NH_3-N + NOX-N volatilizado)	Departamentos distintos a La Guajira
	IPCC, 2019. V4, Ch11, Cuadro 11.3	1a	D	N_2O	0,01	kg N_2O -N (kg NH_3-N + NOX-N volatilizado)	La Guajira
3.B.1.a.iv.1. Vacas de alta Producción	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	NOx	0,752	Kg APP año-1	Se suman las emisiones de sólido y liquido
3.B.1.a.iv.1. Vacas de alta Producción	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	NOx	0,01	Kg APP año-1	
3.B.1.a.iv.2. Vacas de baja Producción	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	NOx	0,752	Kg APP año-1	Se suman las emisiones de sólido y liquido
3.B.1.a.iv.2. Vacas de baja Producción	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	NOx	0,01	Kg APP año-1	
3.B.1.a.iv.3. Vacas para producción de carne	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	NOx	0,217	Kg APP año-1	

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad	Observación
3.B.1.a.iv. 4. Toros utilizados con fines reproductivos	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	NOx	0,217	Kg APP año-1	
3.B.1.a.iv. 5. Terneros pre-desteto s	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	NOx	0,217	Kg APP año-1	Se toman los mismos FE de terneros
3.B.1.a.iv. 6. Novillas de reemplazo	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	NOx	0,217	Kg APP año-1	Se toman los mismos FE de terneros
3.B.1.a.iv. 7. Ganado de engorde	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	NOx	0,217	Kg APP año-1	
3.B.2.a.i. Ovinos	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	NOx	0,012	Kg APP año-1	
3.B.3.a.i. Porcinos < 6 meses	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	NOx	0,017	Kg APP año-1	Cerdos de finalización corresponde al 64% de Porcinos < 6 meses; Se suman las emisiones de las 4 "clasificaciones"
3.B.3.a.i. Porcinos < 6 meses	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	NOx	0,002	Kg APP año-1	Cerdos de finalización corresponde al 64% de Porcinos < 6 meses;
3.B.3.a.i. Porcinos < 6 meses	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	NOx	0,017	Kg APP año-1	Cerdos destetados corresponde al 36% de Porcinos < 6 meses;
3.B.3.a.i. Porcinos < 6 meses	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	NOx	0,002	Kg APP año-1	Cerdos destetados corresponde al 36% de Porcinos < 6 meses;
3.B.3.a.ii. Porcinos > 6 meses	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	NOx	0,471	Kg APP año-1	Se suman las emisiones de sólido y liquido
3.B.3.a.ii. Porcinos > 6 meses	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	NOx	0,005	Kg APP año-1	
3.B.3.a.iii. Porcinos baja productividad	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	NOx	0,471	Kg APP año-1	Se suman las emisiones de sólido y liquido
3.B.3.a.iii. Porcino	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	NOx	0,005	Kg APP año-1	

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad	Observación
s baja productividad							
3.B.4.a. Búfalos	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	NOx	0,083	Kg APP año-1	
3.B.4.d. Caprinos	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	NOx	0,012	Kg APP año-1	
3.B.4.e. Caballos	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	NOx	0,25	Kg APP año-1	
3.B.4.f. Mulas y asnos	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	NOx	0,25	Kg APP año-1	
3.B.4.h.v.1. Ponedoras	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	NOx	0,01	Kg APP año-1	
3.B.4.h.v.2. Pollos de engorde	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	NOx	0,027	Kg APP año-1	
3.B.1.a.iv.1. Vacas de alta Producción	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	COVDM	8,047	Kg APP año-1	Se suman las emisiones de sólido y liquido
3.B.1.a.iv.1. Vacas de alta Producción	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	COVDM	8,047	Kg APP año-1	
3.B.1.a.iv.2. Vacas de baja Producción	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	COVDM	8,047	Kg APP año-1	Se suman las emisiones de sólido y liquido
3.B.1.a.iv.2. Vacas de baja Producción	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	COVDM	8,047	Kg APP año-1	
3.B.1.a.iv.3. Vacas para producción de carne	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	COVDM	3,602	Kg APP año-1	
3.B.1.a.iv.4. Toros utilizados con fines reproductivos	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	COVDM	3,602	Kg APP año-1	
3.B.1.a.iv.5. Terneros pre-	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	COVDM	3,602	Kg APP año-1	Se toman los mismos FE de terneros

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad	Observación
destetos							
3.B.1.a.iv.6. Novillas de reemplazo	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	COVDM	3,602	Kg APP año-1	Se toman los mismos FE de terneros
3.B.1.a.iv.7. Ganado de engorde	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	COVDM	3,602	Kg APP año-1	
3.B.2.a.i. Ovinos	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	COVDM	0,169	Kg APP año-1	
3.B.3.a.i. Porcinos < 6 meses	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	COVDM	0,551	Kg APP año-1	Cerdos de finalización corresponde al 64% de Porcinos < 6 meses; Se suman las emisiones de las 4 "clasificaciones"
3.B.3.a.i. Porcinos < 6 meses	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	COVDM	0,551	Kg APP año-1	Cerdos de finalización corresponde al 64% de Porcinos < 6 meses;
3.B.3.a.i. Porcinos < 6 meses	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	COVDM	0,551	Kg APP año-1	Cerdos destetados corresponde al 36% de Porcinos < 6 meses;
3.B.3.a.i. Porcinos < 6 meses	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	COVDM	0,551	Kg APP año-1	Cerdos destetados corresponde al 36% de Porcinos < 6 meses;
3.B.3.a.ii. Porcinos > 6 meses	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	COVDM	1,704	Kg APP año-1	Se suman las emisiones de sólido y liquido
3.B.3.a.ii. Porcinos > 6 meses	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	COVDM	1,704	Kg APP año-1	
3.B.3.a.iii. Porcinos baja productividad	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	COVDM	1,704	Kg APP año-1	Se suman las emisiones de sólido y liquido
3.B.3.a.iii. Porcinos baja productividad	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	COVDM	1,704	Kg APP año-1	
3.B.4.a. Búfalos	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	COVDM	4,253	Kg APP año-1	
3.B.4.d. Caprinos	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	COVDM	0,542	Kg APP año-1	

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad	Observación
3.B.4.e. Caballos	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	COVDM	4,275	Kg APP año-1	
3.B.4.f. Mulas y asnos	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	COVDM	1,47	Kg APP año-1	
3.B.4.h.v.1. Ponedoras	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	COVDM	0,165	Kg APP año-1	
3.B.4.h.v.2. Pollos de engorde	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	COVDM	0,108	Kg APP año-1	
3.B.1.a.iv.1. Vacas de alta Producción	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	PM10	0,63	Kg APP año-1	Se suman las emisiones de sólido y liquido
3.B.1.a.iv.1. Vacas de alta Producción	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	PM10	0,63	Kg APP año-1	
3.B.1.a.iv.2. Vacas de baja Producción	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	PM10	0,63	Kg APP año-1	Se suman las emisiones de sólido y liquido
3.B.1.a.iv.2. Vacas de baja Producción	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	PM10	0,63	Kg APP año-1	
3.B.1.a.iv.3. Vacas para producción de carne	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	PM10	0,27	Kg APP año-1	
3.B.1.a.iv.4. Toros utilizados con fines reproductivos	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	PM10	0,27	Kg APP año-1	
3.B.1.a.iv.5. Terneros pre-desteto s	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	PM10	0,16	Kg APP año-1	Se toman los mismos FE de terneros
3.B.1.a.iv.6. Novillas de reemplazo	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	PM10	0,16	Kg APP año-1	Se toman los mismos FE de terneros

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad	Observación
3.B.1.a.iv.7. Ganado de engorde	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	PM10	0,27	Kg APP año-1	
3.B.2.a.i. Ovinos	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	PM10	0,06	Kg APP año-1	
3.B.3.a.i. Porcinos < 6 meses	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	PM10	0,14	Kg APP año-1	Cerdos de finalización corresponde al 64% de Porcinos < 6 meses; Se suman las emisiones de las 4 "clasificaciones"
3.B.3.a.i. Porcinos < 6 meses	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	PM10	0,14	Kg APP año-1	Cerdos de finalización corresponde al 64% de Porcinos < 6 meses;
3.B.3.a.i. Porcinos < 6 meses	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	PM10	0,05	Kg APP año-1	Cerdos destetados corresponde al 36% de Porcinos < 6 meses;
3.B.3.a.i. Porcinos < 6 meses	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	PM10	0,05	Kg APP año-1	Cerdos destetados corresponde al 36% de Porcinos < 6 meses;
3.B.3.a.ii. Porcinos > 6 meses	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	PM10	0,17	Kg APP año-1	Se suman las emisiones de sólido y liquido
3.B.3.a.ii. Porcinos > 6 meses	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	PM10	0,17	Kg APP año-1	
3.B.3.a.iii. Porcinos baja productividad	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	PM10	0,17	Kg APP año-1	Se suman las emisiones de sólido y liquido
3.B.3.a.iii. Porcinos baja productividad	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	PM10	0,17	Kg APP año-1	
3.B.4.a. Búfalos	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	PM10	0,67	Kg APP año-1	
3.B.4.d. Caprinos	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	PM10	0,06	Kg APP año-1	
3.B.4.e. Caballos	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	PM10	0,22	Kg APP año-1	
3.B.4.f. Mulas y asnos	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	PM10	0,16	Kg APP año-1	
3.B.4.h.v.1. Ponedoras	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	PM10	0,04	Kg APP año-1	

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad	Observación
3.B.4.h.v.2. Pollos de engorde	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	PM10	0,02	Kg APP año-1	
3.B.1.a.iv.1. Vacas de alta Producción	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	PM 2.5	0,41	Kg APP año-1	Se suman las emisiones de sólido y liquido
3.B.1.a.iv.1. Vacas de alta Producción	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	PM 2.5	0,41	Kg APP año-1	
3.B.1.a.iv.2. Vacas de baja Producción	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	PM 2.5	0,41	Kg APP año-1	Se suman las emisiones de sólido y liquido
3.B.1.a.iv.2. Vacas de baja Producción	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	PM 2.5	0,41	Kg APP año-1	
3.B.1.a.iv.3. Vacas para producción de carne	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	PM 2.5	0,18	Kg APP año-1	
3.B.1.a.iv.4. Toros utilizados con fines reproductivos	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	PM 2.5	0,18	Kg APP año-1	
3.B.1.a.iv.5. Terneros pre-desteto s	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	PM 2.5	0,1	Kg APP año-1	Se toman los mismos FE de terneros
3.B.1.a.iv.6. Novillas de reemplazo	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	PM 2.5	0,1	Kg APP año-1	Se toman los mismos FE de terneros
3.B.1.a.iv.7. Ganado de engorde	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	PM 2.5	0,18	Kg APP año-1	
3.B.2.a.i. Ovinos	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	PM 2.5	0,02	Kg APP año-1	
3.B.3.a.i. Porcino	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	PM 2.5	0,006	Kg APP año-1	Cerdos de finalización corresponde al 64% de Porcinos

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad	Observación
s < 6 meses							< 6 meses; Se suman las emisiones de las 4 "clasificaciones"
3.B.3.a.i. Porcinos < 6 meses	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	PM 2.5	0,006	Kg APP año-1	Cerdos de finalización corresponde al 64% de Porcinos < 6 meses;
3.B.3.a.i. Porcinos < 6 meses	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	PM 2.5	0,002	Kg APP año-1	Cerdos destetados corresponde al 36% de Porcinos < 6 meses;
3.B.3.a.i. Porcinos < 6 meses	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	PM 2.5	0,002	Kg APP año-1	Cerdos destetados corresponde al 36% de Porcinos < 6 meses;
3.B.3.a.ii. Porcinos > 6 meses	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	PM 2.5	0,01	Kg APP año-1	Se suman las emisiones de sólido y liquido
3.B.3.a.ii. Porcinos > 6 meses	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	PM 2.5	0,01	Kg APP año-1	
3.B.3.a.iii. Porcinos baja productividad	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	PM 2.5	0,01	Kg APP año-1	Se suman las emisiones de sólido y liquido
3.B.3.a.iii. Porcinos baja productividad	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	PM 2.5	0,01	Kg APP año-1	
3.B.4.a. Búfalos	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	PM 2.5	0,44	Kg APP año-1	
3.B.4.d. Caprinos	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	PM 2.5	0,02	Kg APP año-1	
3.B.4.e. Caballos	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	PM 2.5	0,14	Kg APP año-1	
3.B.4.f. Mulas y asnos	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	PM 2.5	0,1	Kg APP año-1	
3.B.4.h.v.1. Ponedoras	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	PM 2.5	0,003	Kg APP año-1	
3.B.4.h.v.2. Pollos de engorde	EMEP/EEA, 2023. Ch3.B	1	D	PM 2.5	0,002	Kg APP año-1	

Fuente: Elaboración propia.

- 3.B.1. Bovinos

En el Anexo 5.1. Modelo AFOLU 1 Colombia (3.A. y 3.B.) se presenta la información nacional complementaria requerida en las tablas CRT. Para las emisiones de CH_4, las tablas incluyen el peso promedio ponderado de los animales (considerando la participación de cada tipo de animal en las regiones ganaderas), la tasa de excreción de sólidos volátiles (VS) y el factor de conversión de CH_4 (MCF) por sistema de gestión del estiércol. Los valores de MCF se basan en el Refinamiento del IPCC (2019) y fueron ajustados mediante funciones de temperatura para representar las condiciones climáticas de las diferentes regiones ganaderas del país.

En la subcategoría 3.B.1.a.i. Vacas de Alta Producción, el estiércol se distribuye entre lagunas anaerobias descubiertas (7 %) y pasturas (93 %). Para el sistema de pastoreo se empleó el MCF predeterminado por el IPCC (2019), mientras que la información se reporta en las tablas CRT bajo la región climática templada, correspondiente al promedio ponderado de temperatura de las regiones ganaderas. En la subcategoría 3.B.1.a.ii. Vacas de Baja Producción, el estiércol se distribuye entre lote seco (5 %) y pasturas (95 %), y la información se registra en la región climática cálida. Las demás subcategorías bovinas se manejan exclusivamente en pastoreo, por lo que el 100 % del estiércol se asigna a este sistema de gestión.

En las vacas de alta producción no se reportan emisiones directas de N_2O por gestión del estiércol, debido a que las emisiones del sistema de laguna anaerobia descubierta se consideran insignificantes de acuerdo con el IPCC (2019), mientras que las asociadas al estiércol depositado en pasturas se contabilizan en la categoría 3.D. Suelos gestionados. En contraste, las vacas de baja producción generan emisiones directas de N_2O únicamente en el sistema de lote seco (5 %), ya que el 95 % restante del estiércol se deposita en pasturas y se reporta en la categoría 3.D. Asimismo, las subcategorías vacas para producción de carne, toros reproductores, terneros predestetos, novillas de reemplazo y ganado de engorde se manejan completamente en pastoreo, por lo que sus emisiones asociadas al estiércol se contabilizan íntegramente en las subcategorías 3.D.1 y 3.D.2.

- 3.B.2. Ovinos

Los valores nacionales reportados en las tablas CRT corresponden a promedios ponderados del peso de los animales y de la tasa de excreción de nitrógeno. La fracción del estiércol manejado mediante los sistemas lote seco (30 %) y pasturas (70 %) es constante para todos los departamentos. Las emisiones asociadas al estiércol depositado en pasturas se reportan en las subcategorías 3.D.1 y 3.D.2, de conformidad con las Directrices del IPCC.

- 3.B.3. Porcinos

Para la presentación de la información nacional en las tablas CRT se estimaron promedios ponderados de los principales parámetros considerando la población de las subcategorías 3.B.3.a.i. Porcinos < 6 meses y 3.B.3.a.ii. Porcinos > 6 meses. No se estimaron emisiones directas de N_2O para el sistema de laguna anaerobia descubierta, debido a que el IPCC (2019) las considera insignificantes. Asimismo, las emisiones derivadas del sistema de distribución diaria se reportan en las subcategorías 3.D.1 y 3.D.2.

En la subcategoría 3.B.3.a.iii. Porcinos de baja productividad, la fracción del estiércol manejado es constante para todos los departamentos en los sistemas de lote seco, almacenamiento sólido, distribución diaria y estiércol líquido (<1 mes). Al igual que en las demás subcategorías, las emisiones asociadas al sistema de distribución diaria se contabilizan en la categoría 3.D. Suelos gestionados.

- 3.B.4. Otros

En la subcategoría 3.B.4.e. Caballos, el peso de los animales, la tasa de excreción de nitrógeno y la fracción del estiércol manejado mediante los sistemas de almacenamiento sólido y pasturas corresponden a promedios ponderados calculados con base en la distribución departamental de la población equina (Anexo 5.2. Parámetros para los sistemas de gestión de estiércol (3.B.)). Las emisiones asociadas al estiércol depositado en pasturas se reportan en las subcategorías 3.D.1 y 3.D.2.

Para las subcategorías 3.B.4.a. Búfalos, 3.B.4.d. Caprinos, 3.B.4.f. Mulas y asnos, 3.B.4.g.i. Gallinas ponedoras y 3.B.4.g.ii. Pollos de engorde, el peso de los animales y la fracción del estiércol manejado (AWMS) corresponden a valores únicos de aplicación nacional (Anexo 5.2. Parámetros para los sistemas de gestión de estiércol (3.B.)). Los demás parámetros utilizados en la estimación y reportados en las tablas CRT se presentan en el (Anexo 5.2. Parámetros para los sistemas de gestión de estiércol (3.B.)).

- 3.B.5. Emisiones indirectas de N_2O por gestión del estiércol

La información reportada en las tablas CRT corresponde a la cantidad total de nitrógeno volatilizado proveniente de los sistemas de laguna anaerobia descubierta, estiércol líquido (<1 mes), distribución diaria, almacenamiento sólido, lote seco y digestión anaerobia, estimados para las subcategorías de emisiones directas por gestión del estiércol (3.B.1 a 3.B.4).

5.3.3 Descripción de flexibilidad aplicada en la categoría

Para la categoría de Gestión de estiércol (3.B), Colombia no se acoge a ninguna de las disposiciones de flexibilidad contempladas en el marco internacional. El país ha generado estimaciones completas y consistentes que cubren la totalidad de la serie temporal (1990–2024)

5.3.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría

Tabla 5-33. Resultados de incertidumbre (%) por propagación del error para 3.B. Gestión del estiércol.

Subcategoría	Cont	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
3.B. Gestión del estiércol	Todos	9,1	9,1	8,2	8,7	7,5	8,1	7,2	7,2	6,4	6,4	6,4
3.B. Gestión del estiércol	CH4	10,5	10,0	7,0	6,6	5,3	5,6	4,1	4,6	4,9	4,8	5,0
3.B. Gestión del estiércol	N2O	19,3	19,1	19,3	19,1	18,0	18,5	16,7	18,0	17,0	16,9	16,8
3.B.1. Bovinos	Todos	10,7	10,7	7,6	7,6	6,0	6,4	4,6	4,1	4,6	4,6	4,6
3.B.1. Bovinos	CH4	10,8	10,8	7,5	7,5	5,8	6,2	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1
3.B.1. Bovinos	N2O	46,7	46,7	36,1	36,1	31,2	31,2	26,4	26,4	26,4	26,4	26,4
3.B.1.a.iv. Otros	Todos	10,7	10,7	7,6	7,6	6,0	6,4	4,6	4,1	4,6	4,6	4,6
3.B.1.a.iv. Otros	CH4	10,8	10,8	7,5	7,5	5,8	6,2	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1
3.B.1.a.iv. Otros	N2O	46,7	46,7	36,1	36,1	31,2	31,2	26,4	26,4	26,4	26,4	26,4
3.B.1.a.iv.1. Vacas de alta Producción	Todos	25,0	25,0	17,5	17,5	13,9	13,9	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3
3.B.1.a.iv.1. Vacas de alta Producción	CH4	25,0	25,0	17,5	17,5	13,9	13,9	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3
3.B.1.a.iv.2. Vacas de baja producción	Todos	27,5	27,5	20,9	20,9	18,0	18,0	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1
3.B.1.a.iv.2. Vacas de baja producción	CH4	30,5	30,5	22,4	22,4	19,0	19,0	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7
3.B.1.a.iv.2. Vacas de baja producción	N2O	46,7	46,7	36,1	36,1	31,2	31,2	26,4	26,4	26,4	26,4	26,4
3.B.1.a.iv.3. Vacas para producción de carne	CH4	17,7	17,7	11,7	11,7	10,3	10,3	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9
3.B.1.a.iv.4. Toros utilizados con fines reproductivos	CH4	19,0	19,0	13,5	13,5	10,3	10,3	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
3.B.1.a.iv.5. Terneros pre-destetos	CH4	23,7	23,7	18,2	18,2	13,5	13,5	9,3	9,3	9,3	9,3	9,3
3.B.1.a.iv.6. Novillas de reemplazo	CH4	22,7	22,7	15,9	15,9	11,2	11,2	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8
3.B.1.a.iv.7. Ganado de engorde	CH4	21,5	21,5	14,6	14,6	10,3	10,3	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9
3.B.2. Ovinos	Todos	69,0	69,0	56,7	56,7	48,7	48,7	41,5	41,5	41,5	41,5	41,6
3.B.2. Ovinos	CH4	47,2	47,2	32,5	32,5	25,7	25,7	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8
3.B.2. Ovinos	N2O	86,6	86,6	71,4	71,4	61,4	61,4	52,5	52,5	52,5	52,5	52,5
3.B.2.a.i. Ovinos	Todos	69,0	69,0	56,7	56,7	48,7	48,7	41,5	41,5	41,5	41,5	41,6
3.B.2.a.i. Ovinos	CH4	47,2	47,2	32,5	32,5	25,7	25,7	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8
3.B.2.a.i. Ovinos	N2O	86,6	86,6	71,4	71,4	61,4	61,4	52,5	52,5	52,5	52,5	52,5
3.B.3. Porcinos	Todos	17,0	17,4	13,4	18,3	13,7	14,5	13,2	9,8	8,0	8,0	7,9
3.B.3. Porcinos	CH4	26,6	26,6	18,0	18,0	13,5	13,5	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
3.B.3. Porcinos	N2O	36,1	36,1	34,6	34,6	34,1	34,1	34,0	34,0	34,1	34,1	34,0
3.B.3.a. Otro	Todos	17,0	17,4	13,4	18,3	13,7	14,5	13,2	9,8	8,0	8,0	7,9
3.B.3.a. Otro	CH4	26,6	26,6	18,0	18,0	13,5	13,5	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
3.B.3.a. Otro	N2O	36,1	36,1	34,6	34,6	34,1	34,1	34,0	34,0	34,1	34,1	34,0
3.B.3.a.i. Porcinos < 6 meses	Todos	23,0	23,0	16,1	16,1	12,6	12,6	10,4	10,2	10,3	10,3	10,3
3.B.3.a.i. Porcinos < 6 meses	CH4	26,6	26,6	18,0	18,0	13,5	13,5	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4

Subcategoría	Cont	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
3.B.3.a.i. Porcinos < 6 meses	N2O	36,1	36,1	34,6	34,6	34,1	34,1	34,0	34,0	34,1	34,1	34,0
3.B.3.a.ii. Porcinos > 6 meses	Todos	17,9	17,9	14,3	14,3	13,2	13,2	13,4	12,3	12,2	12,2	12,2
3.B.3.a.ii. Porcinos > 6 meses	CH4	18,0	18,0	12,5	12,5	10,6	10,6	10,2	10,2	10,2	10,2	10,2
3.B.3.a.ii. Porcinos > 6 meses	N2O	55,7	55,7	54,2	54,2	53,8	53,8	53,7	53,7	53,7	53,7	53,7
3.B.3.a.iii. Porcinos baja productividad	Todos	31,0	31,0	25,8	25,8	22,1	22,1	18,8	18,7	18,6	18,6	18,6
3.B.3.a.iii. Porcinos baja productividad	CH4	35,4	35,4	28,3	28,3	23,0	23,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0
3.B.3.a.iii. Porcinos baja productividad	N2O	63,5	63,5	61,7	61,7	60,3	60,3	59,2	59,2	59,2	59,2	59,2
3.B.4. Otro ganado	Todos	21,9	20,6	19,2	18,2	17,8	19,3	18,3	18,3	18,5	18,4	18,4
3.B.4. Otro ganado	CH4	17,5	16,8	14,1	13,1	11,0	11,7	9,7	9,8	9,8	9,7	9,7
3.B.4. Otro ganado	N2O	38,7	36,5	34,4	32,9	33,1	36,2	34,6	34,8	35,2	35,0	35,0
3.B.4.a. Búfalos	Todos	33,2	33,2	28,1	28,1	25,4	25,4	24,1	24,0	24,0	24,0	24,0
3.B.4.a. Búfalos	CH4	37,5	37,5	27,1	27,1	19,9	19,9	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3
3.B.4.a. Búfalos	N2O	62,5	62,5	59,7	59,7	58,7	58,7	58,4	58,4	58,4	58,4	58,4
3.B.4.d. Caprinos	Todos	48,9	48,9	47,4	47,4	45,7	45,7	45,0	45,0	45,0	45,0	45,1
3.B.4.d. Caprinos	CH4	33,6	33,6	30,1	30,1	25,7	25,7	23,7	23,7	23,7	23,7	23,7
3.B.4.d. Caprinos	N2O	63,5	63,5	61,7	61,7	59,7	59,7	58,8	58,8	58,8	58,8	58,8
3.B.4.e. Caballos	Todos	35,8	35,8	34,3	34,3	33,8	33,8	33,6	33,0	33,5	33,1	33,4
3.B.4.e. Caballos	CH4	28,5	28,5	24,6	24,6	23,0	23,0	22,8	22,8	22,8	22,8	22,8
3.B.4.e. Caballos	N2O	60,9	60,9	59,2	59,2	58,6	58,6	58,5	58,5	58,5	58,5	58,5
3.B.4.f. Mulas y Asnos	Todos	30,9	30,9	27,8	27,8	25,7	25,7	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0
3.B.4.f. Mulas y Asnos	CH4	33,6	33,6	28,5	28,5	24,6	24,6	23,3	23,3	23,3	23,3	23,3
3.B.4.f. Mulas y Asnos	N2O	63,5	63,5	60,9	60,9	59,2	59,2	58,7	58,7	58,7	58,7	58,7
3.B.4.h.v. Otro	Todos	24,6	24,7	23,9	23,1	22,8	22,9	22,2	22,5	22,5	22,4	22,3
3.B.4.h.v. Otro	CH4	22,7	22,9	19,3	17,1	13,7	13,7	11,5	11,8	11,7	11,6	11,5
3.B.4.h.v. Otro	N2O	43,1	43,3	42,9	42,2	43,1	43,2	42,3	43,1	42,9	42,7	42,3
3.B.4.h.v.1. Ponedoras	Todos	36,2	36,2	35,5	34,5	33,9	33,9	33,7	33,7	33,7	33,7	33,7
3.B.4.h.v.1. Ponedoras	CH4	30,2	30,2	25,7	22,6	17,7	17,7	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2
3.B.4.h.v.1. Ponedoras	N2O	59,7	59,7	59,7	58,4	58,4	58,4	58,4	58,4	58,4	58,4	58,4
3.B.4.h.v.2. Pollos de engorde	Todos	32,6	32,6	31,6	30,3	29,4	29,4	29,1	29,1	29,1	29,1	29,1
3.B.4.h.v.2. Pollos de engorde	CH4	30,2	30,2	25,7	22,6	17,7	17,7	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2
3.B.4.h.v.2. Pollos de engorde	N2O	59,7	59,7	59,7	58,4	58,4	58,4	58,4	58,4	58,4	58,4	58,4
3.B.5. Emisiones indirectas de N2O de gestión de estiércol	N2O	12,6	13,9	15,1	17,0	16,2	17,5	16,1	17,2	15,9	16,0	15,9
3.B.5.a. Bovinos	N2O	23,2	23,2	22,8	22,8	17,9	22,2	17,7	30,1	22,1	22,2	22,1
3.B.5.a.i. Vacas de Alta Producción	N2O	33,3	33,3	32,3	32,3	31,2	31,2	30,1	30,1	30,1	30,1	30,1
3.B.5.a.ii. Vacas de Baja Producción	N2O	30,4	30,4	30,0	30,0	29,7	29,7	29,4	29,4	29,4	29,4	29,4
3.B.5.b. Ovinos	N2O	32,1	32,1	31,7	31,7	31,2	31,2	29,6	29,6	29,6	29,6	29,6

Subcategoría	Cont	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
3.B.5.c. Porcinos	N2O	16,7	17,1	16,5	21,8	19,4	20,4	21,5	16,7	13,6	13,5	13,4
3.B.5.c.i. Porcinos < 6 meses	N2O	21,8	21,8	20,4	20,4	18,9	18,9	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4
3.B.5.c.ii. Porcinos > 6 meses	N2O	31,5	31,5	30,4	30,4	30,1	30,1	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3
3.B.5.c.iii. Porcinos baja productividad	N2O	30,5	30,5	30,0	30,0	29,9	29,9	29,6	29,6	29,6	29,6	29,6
3.B.5.d. Otro Ganado	N2O	22,9	24,7	24,5	26,1	26,5	28,5	27,6	27,5	27,6	27,7	27,7
3.B.5.d.i. Búfalos	N2O	30,8	30,8	30,2	30,2	29,7	29,7	29,5	29,5	29,5	29,5	29,5
3.B.5.d.ii. Caprinos	N2O	32,8	32,8	31,7	31,7	30,1	30,1	29,6	29,6	29,6	29,6	29,6
3.B.5.d.iii. Caballos	N2O	30,1	30,1	29,9	29,9	29,5	29,5	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3
3.B.5.d.iv. Mulas y asnos	N2O	31,7	31,7	30,8	30,8	30,2	30,2	29,6	29,6	29,6	29,6	29,6
3.B.5.d.v. Aves de corral	N2O	31,3	31,3	30,5	30,5	29,9	29,9	29,4	29,4	29,4	29,4	29,4

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 5-33 se presentan los resultados de incertidumbre para la categoría 3.B. Gestión del estiércol en los años seleccionados del periodo 1990-2024. Para los años analizados, la incertidumbre promedio fue de ±7,66 %. En 1990, la incertidumbre fue de ±9,1 %, mientras que en 2024 alcanzó ±6,4 %, lo que representa una reducción relativa del 29,67 %, equivalente a 2,7 puntos porcentuales. La incertidumbre presentó una tendencia general decreciente, aunque con algunas fluctuaciones. Entre 1990 y 2005 se mantuvo entre ±8,2 % y ±9,1 %, y posteriormente disminuyó a ±7,5 % en 2010. En 2022 alcanzó ±6,4 %, valor que se mantuvo hasta 2024.

Por tipo de GEI, el CH_4 y el N_2O presentaron incertidumbres promedio de ±6,22 % y ±18,06 %, respectivamente. La incertidumbre del CH_4 disminuyó de ±10,5 % en 1990 a ±5,0 % en 2024, lo que representa una reducción del 52,38 %. Por su parte, la incertidumbre del N_2O pasó de ±19,3 % a ±16,8 %, con una reducción del 12,95 %. En consecuencia, el N_2O presentó los mayores niveles de incertidumbre durante toda la serie.

Para 3.B.1. Bovinos, la incertidumbre promedio fue de ±6,50 % y disminuyó de ±10,7 % en 1990 a ±4,6 % en 2024, equivalente a una reducción del 57,01 %. En 2024, las incertidumbres del CH_4 y el N_2O fueron de ±4,1 % y ±26,4 %, respectivamente. La diferencia entre estos valores refleja los distintos procesos y parámetros utilizados para estimar las emisiones de ambos gases. Entre las clases de ganado bovino, la mayor incertidumbre agregada en 2024 correspondió a las vacas de baja producción, con ±15,1 %, seguidas por los terneros predestetos, con ±9,3 %, y las vacas de alta producción, con ±8,3 %. Para las emisiones de CH_4, las vacas de baja producción también presentaron el mayor valor, con ±15,7 %.

La subcategoría 3.B.2. Ovinos presentó una incertidumbre promedio de ±50,58 %. Esta disminuyó de ±69,0 % en 1990 a ±41,6 % en 2024, lo que representa una reducción del 39,71 %. En 2024, las incertidumbres del CH_4 y el N_2O fueron de ±16,8 % y ±52,5 %, respectivamente.

Para 3.B.3. Porcinos, la incertidumbre promedio fue de ±12,84 % y disminuyó de ±17,0 % en 1990 a ±7,9 % en 2024, equivalente a una reducción del 53,53 %. Dentro de esta subcategoría, los porcinos de baja productividad presentaron la mayor incertidumbre agregada en 2024, con ±18,6 %, seguidos por los porcinos mayores de seis meses, con ±12,2 %, y los menores de seis meses, con ±10,3 %.

La subcategoría 3.B.4. Otro ganado presentó una incertidumbre promedio de ±18,99 % y disminuyó de ±21,9 % en 1990 a ±18,4 % en 2024. Entre sus componentes, las mayores incertidumbres agregadas en 2024 correspondieron a los caprinos, con ±45,1 %; las gallinas ponedoras, con ±33,7 %; los caballos, con ±33,4 %; los pollos de engorde, con ±29,1 %; y las mulas y los asnos, con ±25,0 %.

Las emisiones indirectas de N_2O de la gestión del estiércol presentaron una incertidumbre promedio de ±15,76 %. A diferencia de las demás subcategorías, la incertidumbre aumentó de ±12,6 % en 1990 a ±15,9 % en 2024, lo que representa un incremento relativo del 26,19 %. Desde 2020, los valores se mantuvieron alrededor del 16 %.

5.3.5 AC/CC de la categoría

De manera adicional a las actividades transversales de control y aseguramiento de calidad aplicadas a la totalidad del inventario, para las categorías del sector Agricultura se implementaron los siguientes procedimientos específicos, orientados a garantizar la calidad y la coherencia de los resultados reportados:

- Integridad de las bases de datos: Se verificó la integridad y consistencia de las bases de datos B0, B2, F2 y SectorCal, consolidadas conforme a la estructura estandarizada del inventario para la totalidad de las subcategorías del sector estimadas en el presente ciclo de reporte, garantizando que los datos de

actividad y demás parámetros utilizados en el cálculo se ajustaran a los formatos definidos y estuvieran debidamente documentados.

- Homogenización de series históricas: Para determinadas categorías del sector, en las que se identificaron cambios en las fuentes de información, en las metodologías de captura o en la desagregación de los datos de actividad a lo largo del tiempo, se aplicaron procedimientos de homogenización orientados a garantizar la coherencia y la consistencia metodológica de la serie histórica utilizada en la estimación de emisiones.
- Comparación con ciclos anteriores del inventario: Se compararon los resultados de emisiones obtenidos en el presente ciclo con los reportados en los ciclos anteriores del inventario, a nivel de subcategoría y de serie histórica, con el fin de identificar variaciones significativas y justificar técnicamente su origen, ya sea que respondan a cambios metodológicos, a la actualización de datos de actividad, o a otras causas identificadas durante el proceso de revisión.
- Articulación con actores del sector: Dada la naturaleza de las fuentes agropecuarias que integran esta categoría, la estimación de emisiones se desarrolló en estrecha articulación con las entidades del sector agropecuario asociadas a los distintos sistemas productivos cubiertos, con el fin de contrastar la información de actividad utilizada y validar la coherencia de los resultados frente al conocimiento técnico de las prácticas productivas representadas.
- Socialización y divulgación de resultados: Los resultados de emisiones del sector fueron socializados con los actores técnicos del sector, tanto institucionales como gremiales, en espacios de divulgación orientados al fortalecimiento de capacidades y a la identificación conjunta de opciones de mejora, así como a la retroalimentación de las estimaciones presentadas en el marco del presente ciclo de reporte.

5.3.6 Nuevos cálculos de la categoría

La comparación entre las series temporales del BTR1 y BTR2 para la categoría 3.B. Gestión del estiércol muestra que las modificaciones introducidas en el segundo reporte no alteran la tendencia temporal general, pero sí producen cambios sistemáticos en la magnitud de las emisiones y amplían la serie histórica hasta 2024. Un análisis por subcategoría permite identificar los siguientes cambios:

3.B.1. Bovinos. La serie del BTR2 conserva prácticamente el mismo comportamiento temporal del BTR1, aunque presenta emisiones ligeramente superiores durante la mayor parte del periodo. Las diferencias son más notorias al inicio de la serie, alcanzando +6,5 % en 1995, mientras que entre 2016 y 2021 las diferencias son inferiores al 0,2 %. A partir de 2022 el BTR2 incorpora nuevos datos, mostrando una estabilización de las emisiones alrededor de 710 kt CO_2eq (Tabla 5-34).

3.B.2. Ovinos. Esta subcategoría presenta los mayores ajustes relativos entre ambos reportes debido a su menor magnitud absoluta. Durante la década de 1990 las emisiones del BTR2 son entre 13 % y 18 % superiores a las del BTR1. Sin embargo, a partir de 2012 la relación se invierte y el BTR2 reporta valores inferiores, alcanzando diferencias máximas de −32,4 % en 2013, −34,5 % en 2014 y −36,4 % en 2015. Desde 2016 ambas series vuelven a converger y las diferencias son inferiores al 1 % (Tabla 5-34).

3.B.3. Porcinos. El BTR2 mantiene exactamente la misma dinámica temporal del BTR1, pero con un incremento sistemático en toda la serie. Durante el periodo 1990–2015 las emisiones son aproximadamente 5–7 % superiores, con un máximo de +6,8 % en 2003. A partir de 2016 las diferencias prácticamente desaparecen (menores al 0,1 %), mientras que para 2022–2024 se adicionan los nuevos años de reporte, con emisiones superiores a 1.300 kt CO_2eq (Tabla 5-34).

3.B.4. Otro ganado. Esta subcategoría concentra algunos de los cambios más importantes en términos absolutos. Entre 1990 y 2005 el BTR2 incrementa las emisiones entre 6 % y 27 %, alcanzando el mayor ajuste en 2005 (+26,5 %). Posteriormente las diferencias disminuyen gradualmente hasta situarse entre 1 % y 5 % durante la última década. La incorporación de 2022–2024 mantiene la misma tendencia creciente observada en el BTR1 (Tabla 5-34).

3.B.5. Emisiones indirectas de N_2O de la gestión del estiércol. Las diferencias entre ambos reportes son reducidas. Durante la mayor parte de la serie las variaciones permanecen por debajo del 3 %, con diferencias inferiores al 1 % desde 2016. El BTR2 únicamente amplía la serie hasta 2024, registrando emisiones cercanas a 454 kt CO_2eq (Tabla 5-34).

Como resultado de estos ajustes (Figura 5-24), la categoría agregada 3.B. Gestión del estiércol mantiene la misma evolución temporal en ambos reportes, evidenciando un incremento sostenido de las emisiones desde 1990 hasta 2021. No obstante, el BTR2 reporta sistemáticamente emisiones superiores, especialmente durante los primeros años de la serie, con diferencias que oscilan entre 8,5 % (1990) y 9,4 % (2005). A partir de 2014 ambos inventarios convergen progresivamente y las diferencias se reducen a menos del 1 % entre 2016 y 2021, lo que indica una mayor consistencia metodológica entre ambos reportes. Finalmente, el BTR2 incorpora la extensión de la serie para 2022–2024, periodo en el cual las emisiones totales continúan aumentando hasta alcanzar 3.588,3 kt CO_2eq en 2024, equivalente a un incremento de 5,0 % respecto a 2021.

Tabla 5-34. Gestión de estiércol: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2) (kt CO_2eq)

Subcategoría	Reporte	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021
3.B.1. Bovinos	BTR1	439,84	441,39	462,48	520,88	538,47	538,18	685,49	678,95
3.B.1. Bovinos	BTR2	459,08	481,06	458,70	483,85	509,99	542,88	685,40	678,83
3.B.1. Bovinos	Diferencia	19,24	39,67	-3,77	-37,03	-28,47	4,70	-0,10	-0,12
3.B.1. Bovinos	Diferencia (%)	4,37	8,99	-0,82	-7,11	-5,29	0,87	-0,01	-0,02
3.B.1. Bovinos	**Efecto en total de subcategoría 3.B (%)**	**1,15**	**2,13**	**-0,22**	**-2,02**	**-1,32**	**0,19**	**-0,00**	**-0,00**
3.B.1. Bovinos	**Efecto en total neto de subcategoría 3.B (%)**	**1,15**	**2,13**	**-0,22**	**-2,02**	**-1,32**	**0,19**	**-0,00**	**-0,00**
3.B.2. Ovinos	BTR1	22,61	22,55	20,31	13,95	13,59	11,69	14,94	15,79
3.B.2. Ovinos	BTR2	25,74	25,64	23,09	18,67	18,08	7,43	15,03	15,89
3.B.2. Ovinos	Diferencia	3,12	3,09	2,78	4,72	4,50	-4,26	0,09	0,09
3.B.2. Ovinos	Diferencia (%)	13,81	13,68	13,69	33,85	33,11	-36,46	0,60	0,59
3.B.2. Ovinos	**Efecto en total de subcategoría 3.B (%)**	**0,19**	**0,17**	**0,16**	**0,26**	**0,21**	**-0,17**	**0,00**	**0,00**
3.B.2. Ovinos	**Efecto en total neto de subcategoría 3.B (%)**	**0,19**	**0,17**	**0,16**	**0,26**	**0,21**	**-0,17**	**0,00**	**0,00**
3.B.3. Porcinos	BTR1	610,23	636,33	458,40	503,84	669,35	841,10	1.369,12	1.061,45
3.B.3. Porcinos	BTR2	655,21	674,55	486,75	538,44	704,95	894,26	1.369,23	1.061,57
3.B.3. Porcinos	Diferencia	44,98	38,22	28,35	34,61	35,60	53,16	0,11	0,12
3.B.3. Porcinos	Diferencia (%)	7,37	6,01	6,18	6,87	5,32	6,32	0,01	0,01
3.B.3. Porcinos	**Efecto en total de subcategoría 3.B (%)**	**2,68**	**2,05**	**1,64**	**1,89**	**1,65**	**2,15**	**0,00**	**0,00**
3.B.3. Porcinos	**Efecto en total neto de subcategoría 3.B (%)**	**2,68**	**2,05**	**1,64**	**1,89**	**1,65**	**2,15**	**0,00**	**0,00**
3.B.4. Otro ganado	BTR1	429,51	555,76	598,71	573,36	664,39	759,24	865,65	900,73
3.B.4. Otro ganado	BTR2	501,93	621,02	653,02	725,38	777,91	732,88	887,26	917,80
3.B.4. Otro ganado	Diferencia	72,42	65,25	54,31	152,02	113,51	-26,36	21,61	17,07
3.B.4. Otro ganado	Diferencia (%)	16,86	11,74	9,07	26,51	17,09	-3,47	2,50	1,89
3.B.4. Otro ganado	**Efecto en total de subcategoría 3.B (%)**	**4,32**	**3,50**	**3,13**	**8,30**	**5,27**	**-1,07**	**0,64**	**0,56**
3.B.4. Otro ganado	**Efecto en total neto de subcategoría 3.B (%)**	**4,32**	**3,50**	**3,13**	**8,30**	**5,27**	**-1,07**	**0,64**	**0,56**
3.B.5. Emisiones indirectas de N_2O de	BTR1	175,61	206,34	193,30	219,90	270,07	322,96	425,21	377,92

Subcategoría	Reporte	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021
gestión de estiércol									
3.B.5. Emisiones indirectas de N_2O de gestión de estiércol	BTR2	178,59	208,95	193,64	226,12	275,02	319,30	425,37	377,92
3.B.5. Emisiones indirectas de N_2O de gestión de estiércol	Diferencia	2,98	2,61	0,34	6,22	4,95	-3,66	0,16	-0,01
3.B.5. Emisiones indirectas de N_2O de gestión de estiércol	Diferencia (%)	1,70	1,26	0,17	2,83	1,83	-1,13	0,04	-0,00
3.B.5. Emisiones indirectas de N_2O de gestión de estiércol	**Efecto en total de subcategoría 3.B (%)**	**0,18**	**0,14**	**0,02**	**0,34**	**0,23**	**-0,15**	**0,00**	**-0,00**
3.B.5. Emisiones indirectas de N_2O de gestión de estiércol	**Efecto en total neto de subcategoría 3.B (%)**	**0,18**	**0,14**	**0,02**	**0,34**	**0,23**	**-0,15**	**0,00**	**-0,00**
3.B. Gestión del estiércol	BTR1	1.677,80	1.862,38	1.733,19	1.831,93	2.155,86	2.473,17	3.360,41	3.034,85
3.B. Gestión del estiércol	BTR2	1.820,54	2.011,22	1.815,20	1.992,47	2.285,95	2.496,75	3.382,28	3.052,00
3.B. Gestión del estiércol	Diferencia	142,73	148,84	82,00	160,54	130,09	23,58	21,88	17,15
3.B. Gestión del estiércol	Diferencia (%)	8,51	7,99	4,73	8,76	6,03	0,95	0,65	0,57
3.B. Gestión del estiércol	**Efecto en total de subcategoría 3 (%)**	**0,36**	**0,37**	**0,19**	**0,34**	**0,27**	**0,05**	**0,04**	**0,03**
3.B. Gestión del estiércol	**Efecto en total neto de subcategoría 3 (%)**	**0,36**	**0,37**	**0,19**	**0,34**	**0,27**	**0,05**	**0,04**	**0,03**
3. Agricultura	**BTR1**	**39.527,55**	**40.388,05**	**42.203,43**	**46.649,91**	**48.233,57**	**48.335,13**	**58.642,66**	**57.957,85**
3. Agricultura	**BTR2**	**40.175,9**	**41.412,8**	**40.771,6**	**42.919,9**	**44.818,5**	**45.895,5**	**56.187,1**	**55.163,3**
3. Agricultura	**Diferencia**	**648,4**	**1.024,7**	**-1.431,9**	**-3.730,0**	**-3.415,1**	**-2.439,6**	**-2.455,6**	**-2.794,5**
3. Agricultura	**Diferencia (%)**	**1,6**	**2,5**	**-3,4**	**-8,0**	**-7,1**	**-5,0**	**-4,2**	**-4,8**

Fuente: Elaboración propia.

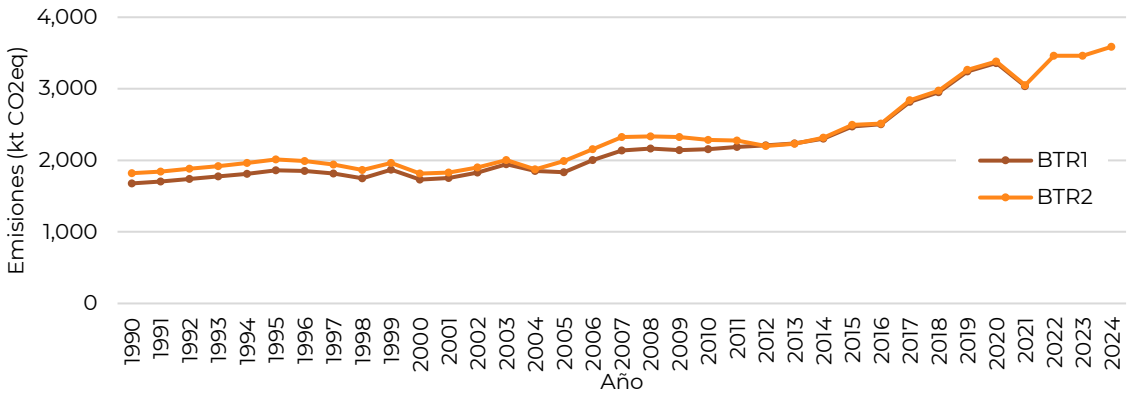


Figura 5-24. Gestión de estiércol: Recálculos de GEI (kt CO_2eq), 1990-2024

Fuente: Elaboración propia.

5.3.7 Mejoras planeadas de la categoría

A continuación (Tabla 5-35), se presenta el plan de mejora diseñado para esta subcategoría, orientado a fortalecer la calidad de los datos, reducir los niveles de incertidumbre y optimizar los procesos metodológicos en los próximos ciclos de reporte.

Tabla 5-35. Gestión de estiércol: Plan de mejoras

Subcategoría	Actividad propuesta de mejora	Periodo	Actores	Priorización
3.B.1 Bovinos	Optimizar el proceso de consulta con especialistas y fortalecer la comunicación con universidades, centros de investigación y organizaciones del sector ganadero para afinar los valores utilizados en la distribución de los sistemas de manejo de estiércol	1990 - 2026	Ideam; universidades; Centro de investigación; FEDEGÁN	BTR3 - 2028
	Fortalecer la colaboración con centros de investigación y universidades para establecer acuerdos que permitan el acceso a la información necesaria para desarrollar una metodología alineada con las directrices del IPCC.	1990 - 2030	Ideam; Centros de investigación; universidades	BTR5 - 2032
3.B.3 Porcinos	Desarrollar e implementar una metodología de Nivel 2 para las emisiones de CH_4 y N_2O provenientes del manejo de estiércol, considerando su relevancia en el perfil de emisiones del sector.	1990 - 2026	Ideam; CIAT; Universidades; centros de investigación	BTR3 - 2028
3.B.4.g Aves	Desarrollar e implementar una metodología de Nivel 2 para las emisiones de CH_4 y N_2O provenientes del manejo de estiércol, considerando su relevancia en el perfil de emisiones del sector.	1990 - 2026	Ideam; CIAT; universidades; centros de investigación	BTR3 - 2028

Fuente: Elaboración propia.

5.4 Cultivo de arroz (CRT 3.C)

5.4.1 Descripción y tendencia de las emisiones y absorciones atmosféricas de la categoría

Los arrozales inundados constituyen una de las principales fuentes antropogénicas de CH_4 a escala global (Cicerone & Oremland, 1988). Después del CO_2, el CH_4 es uno de los gases de efecto invernadero con mayor contribución al calentamiento global debido a su elevado potencial de calentamiento y a su influencia sobre el balance radiativo de la atmósfera (Mosier, 1998). En estos agroecosistemas, el CH_4 se produce principalmente mediante la descomposición anaerobia de la materia orgánica en suelos inundados y es emitido a la atmósfera a través de tres mecanismos: difusión a través de la lámina de agua, liberación por burbujeo (ebullición) y transporte mediado por el aerénquima de las plantas de arroz, siendo este último el mecanismo predominante durante la mayor parte del ciclo del cultivo (Takai, 1970). La magnitud de estas emisiones está determinada por la interacción entre la producción, la oxidación y el transporte del CH_4, procesos que son influenciados por diversos factores, entre ellos el régimen hídrico (Yagi et al., 1997), las prácticas de fertilización (Banik et al., 1996), el cultivar de arroz (Ding et al., 1999), la densidad de plantas (Schutz et al., 1989) y las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Watanabe & Kimura, 1999).

En Colombia, el arroz constituye uno de los principales cultivos transitorios y un componente fundamental de la seguridad alimentaria nacional. Su producción se distribuye en más de doscientos municipios pertenecientes a veintitrés departamentos, concentrándose principalmente en las regiones de los Llanos Orientales y la zona Centro, que en conjunto aportan cerca del 75 % del área sembrada del país. De acuerdo con las estadísticas nacionales, en 2024 se sembraron aproximadamente 641.405 ha de arroz, siendo los departamentos de Casanare (229.200 ha), Tolima (103.200 ha) y Meta (91.200 ha) los de mayor participación en la producción nacional (DANE, 2026). En el país predominan dos sistemas de producción (Figura 5-25): arroz bajo riego y arroz de secano. El sistema bajo riego depende del suministro controlado de agua mediante infraestructura hidráulica, ya sea por gravedad o por bombeo, utilizando agua proveniente de distritos de riego, embalses o pozos. En contraste, el sistema de secano depende principalmente de la precipitación y del drenaje natural o artificial del terreno (DANE, 2026). Esta diferenciación resulta especialmente relevante desde el punto de vista de las emisiones de CH_4, ya que el mantenimiento de condiciones de inundación continua favorece la metanogénesis, mientras que los periodos de drenaje incrementan la disponibilidad de oxígeno en el suelo, estimulan la oxidación del CH_4 y reducen las emisiones netas.

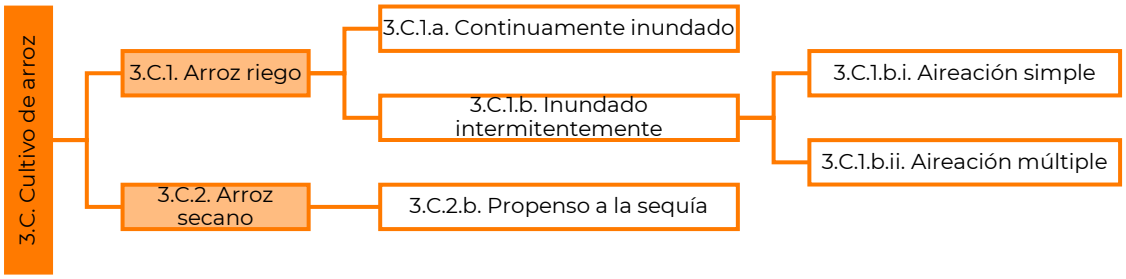


Figura 5-25. Sector Agricultura: Subcategorías estimadas en la categoría Cultivo de arroz.

Fuente: Elaboración propia.

La estimación de las emisiones GEI totales de la categoría cultivo de arroz (3.C) para el último año de observación (2024) fue de 616,4 kt CO_2eq, lo cual representó el 1,1 % de las emisiones del sector Agricultura (58.033,4 kt CO_2eq). Esta participación ha mostrado una leve tendencia descendente a través del tiempo, porque en 1990 la categoría aportaba el 1,4 % del total sectorial.

Durante 2024, las subcategorías más representativas fueron arroz riego (3.C.1) con contribuciones del 91 % y respectivamente la subcategoría Arroz secano (3.C.2) el 9 % restante. Este comportamiento se explica principalmente porque las condiciones de inundación prolongada favorecen ambientes anaerobios que incrementan la producción de CH_4 por parte de microorganismos metanogénicos. El dominio de la subcategoría 3.D.1 está relacionado con que esta categoría solo se contabilizan emisiones de CH_4 (Figura 5-26).

Las emisiones en cultivos de arroz aumentaron de 553,5 kt CO_2eq en 1990 a 616,4 kt CO_2eq en 2024, lo que equivale a un incremento acumulado del 11,4 % y una tasa promedio de crecimiento anual del 0,8 % (Tabla 5-36). Asimismo, la emisión de 2024 refleja un aumento del 18,3 % en comparación con el último año reportado en el BTR1 (2021), donde la estimación de la emisión neta de la categoría fue 521 kt CO_2eq.

El análisis de la serie temporal evidencia una reducción de las emisiones durante el periodo 1990–1997, al pasar de 553,5 a 418,6 kt CO_2eq. Esta tendencia coincide con un periodo de contracción del sector arrocero colombiano, caracterizado por la disminución del área cultivada y un proceso de ajuste productivo asociado a la apertura económica de comienzos de la década de 1990, que afectó la rentabilidad y la dinámica de siembra del cultivo (FEDEARROZ, 2026). A partir de finales de la década de 1990 y durante los primeros años del siglo XXI, las emisiones iniciaron una recuperación gradual, superando nuevamente las 550 kt CO_2eq en 2004. Este comportamiento coincide con la reactivación del sector arrocero reportada por (DANE, 2026), sustentada en el incremento del área sembrada, la adopción de mejoras tecnológicas y el aumento de la productividad, factores que favorecieron la expansión de la actividad productiva.

El cambio más significativo de toda la serie se registró entre 2006 y 2007, cuando las emisiones aumentaron de 456,7 a 613,1 kt CO_2eq, lo que representa un incremento cercano al 34 %. Este incremento coincide con una fase de expansión del cultivo en los Llanos Orientales, particularmente en los departamentos de Meta y Casanare, impulsada por la incorporación de nuevas áreas mecanizadas y por condiciones económicas favorables para la producción de arroz. Durante la última década, las emisiones oscilaron entre 526 y 698 kt CO_2eq, reflejando un comportamiento relativamente estable de la actividad arrocera, aunque con marcadas fluctuaciones interanuales. De acuerdo con las estadísticas de DANE (2026), el área sembrada continuó concentrándose en los Llanos Orientales y la zona Centro, mientras que las variaciones anuales estuvieron determinadas principalmente por las condiciones climáticas, la disponibilidad de agua para riego, las expectativas del mercado y las decisiones de siembra de los productores. La serie de emisiones reproduce esta dinámica, alcanzando su máximo histórico en 2020 (697,9 kt CO_2eq), en un contexto de expansión del área sembrada y elevada producción nacional. Posteriormente, entre 2021 y 2024, las emisiones disminuyeron moderadamente

y se estabilizaron alrededor de 620 kt CO_2eq, comportamiento consistente con la estabilización del área cultivada registrada por (DANE, 2026).

Tabla 5-36. Cultivo de arroz: Emisiones totales de GEI por Subcategoría (kt CO_2eq)

Subcategoría	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
3.C.1. Arroz riego	520,5	406,3	472,2	455,5	595,4	557,6	633,4	557,4	566,1	580,0	561,2
3.C.1.a. Continuamente inundado	110,2	86,0	100,0	96,4	104,9	120,2	143,3	129,0	128,0	146,2	138,6
3.C.1.b. Inundado intermitentemente	410,3	320,3	372,2	359,0	490,6	437,4	490,1	428,4	438,1	433,8	422,6
3.C.1.b.i. Aireación simple	259,1	202,3	235,1	226,8	330,4	296,1	307,3	270,8	274,3	265,5	261,9
3.C.1.b.ii. Aireación múltiple	151,2	118,0	137,1	132,3	160,2	141,3	182,9	157,6	163,8	168,3	160,7
3.C.2. Arroz secano	33,0	25,8	30,0	28,9	31,8	32,6	64,5	66,9	55,6	50,4	55,2
3.C.2.b. Propenso a la sequía	33,0	25,8	30,0	28,9	31,8	32,6	64,5	66,9	55,6	50,4	55,2
3.C. Cultivo de arroz	553,5	432,1	502,2	484,4	627,3	590,1	697,9	624,3	621,7	630,4	616,4

Fuente: Elaboración propia.

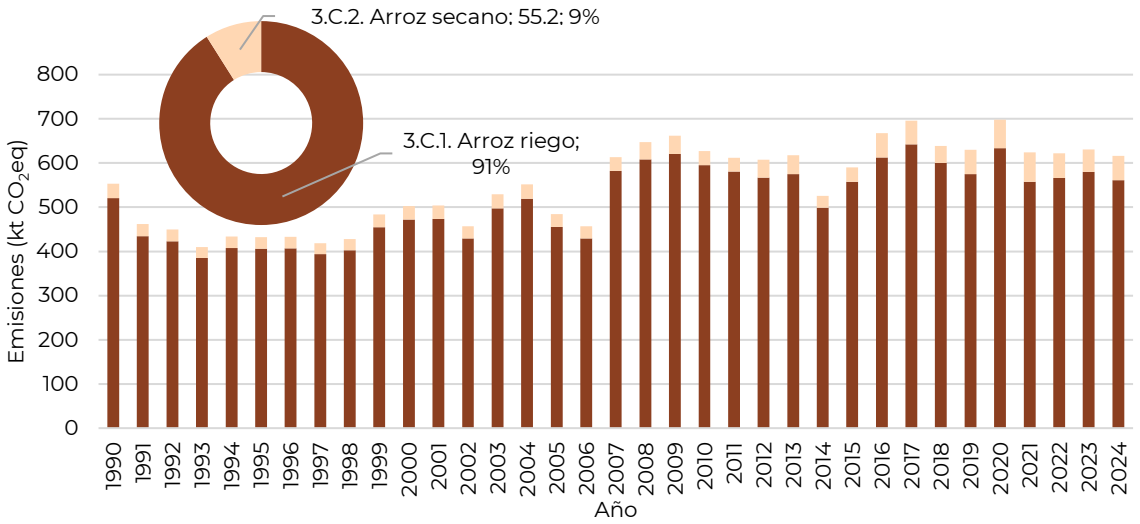


Figura 5-26. Cultivo de arroz: Emisión de GEI por subcategoría (kt CO_2eq), 1990-2024 (barras) y aporte porcentual durante 2024 (anillo).

Fuente: Elaboración propia.

5.4.1.1 Arroz riego (3.C.1)

La estimación de las emisiones GEI totales de la subcategoría arroz riego (3.C.1) para el último año de observación (2024) fue de 561,2 kt CO_2eq, lo cual representó el 91 % de las emisiones de la categoría cultivos de arroz (616,4 kt CO_2eq). Esta participación ha mostrado una leve tendencia descendente a través del tiempo, porque en 1990 la categoría aportaba el 94 % del total de la categoría (Figura 5-26).

Durante 2024, las subcategorías más representativas fueron arroz riego con aireación simple (3.C.1.b.i), arroz riego con aireación múltiple (3.C.1.b.ii) y arroz riego continuamente inundado (3.C.1.a) que contribuyeron con 46,7; 28,6 y 24,7 % respectivamente (Figura 5-27).

Las emisiones en cultivos de arroz riego aumentaron de 520,5 kt CO_2eq en 1990 a 561,2 kt CO_2eq en 2024 (Tabla 5-36), lo que equivale a un incremento acumulado del 7,8 % y una tasa promedio de crecimiento anual del 0,7 %. Asimismo, la emisión de 2024 refleja un aumento del 20 % en comparación con el último año reportado en el BTR1 (2021), donde la estimación de la emisión neta de la categoría fue 467,5 kt CO_2eq.

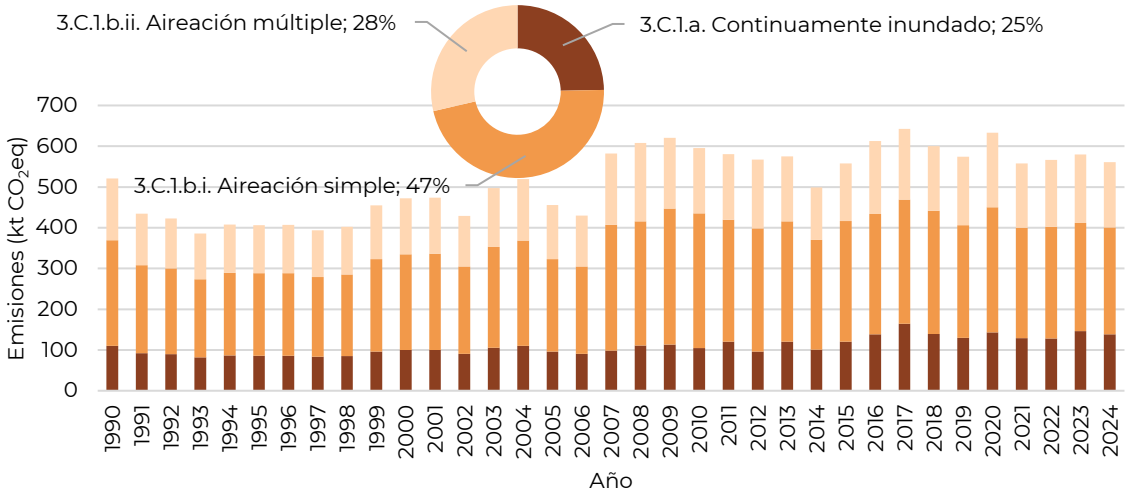


Figura 5-27. Cultivo de arroz- riego: Emisión de GEI por subcategoría (kt CO_2eq), 1990-2024 (barras) y aporte porcentual durante 2024 (anillo).

Fuente: Elaboración propia.

5.4.1.2 Arroz secano (3.C.2)

La estimación de las emisiones GEI totales de la subcategoría arroz secano (3.C.2) para el último año de observación (2024) fue de 55,2 kt CO_2eq, lo cual representó el 9 % de las emisiones de la categoría cultivos de arroz (616,4 kt CO_2eq). Esta participación ha mostrado una leve tendencia descendente a través del tiempo, porque en 1990 la categoría aportaba el 6 % del total de la categoría (Figura 5-26).

Durante 2024, la única subcategoría fue arroz secano propenso a la sequía (3.C.2.b). Las emisiones en cultivos de arroz secano aumentaron de 33 kt CO_2eq en 1990 a 55,2 kt CO_2eq en 2024 (Tabla 5-36; Figura 5-28), lo que equivale a un incremento acumulado del 67,2 % y una tasa promedio de crecimiento anual del 0,13 %. Asimismo, la emisión de 2024 refleja un aumento del 3,2 % en comparación con el último año reportado en el BTR1 (2021), donde la estimación de la emisión neta de la categoría fue 53,5 kt CO_2eq.

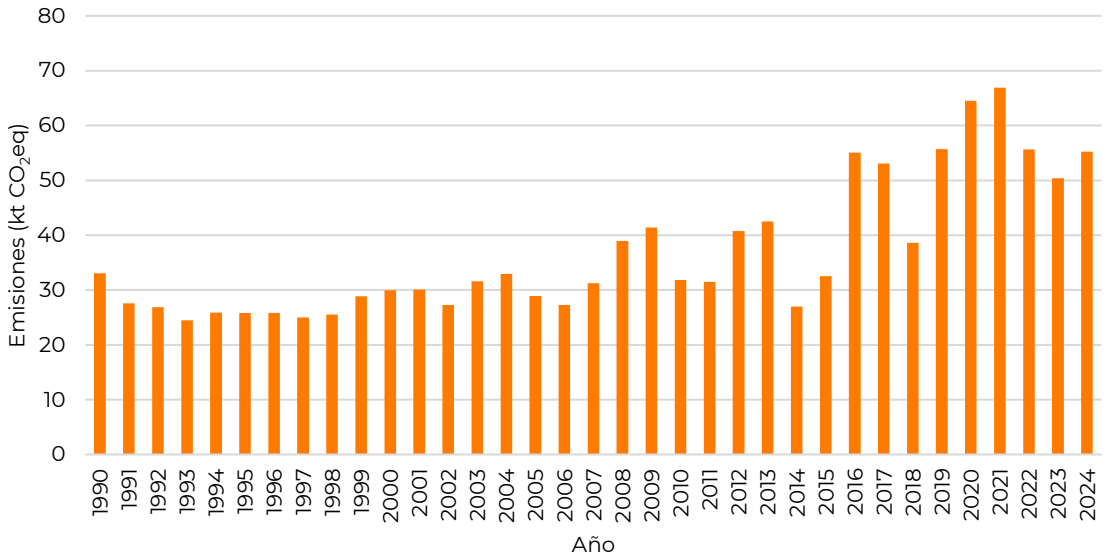


Figura 5-28. Cultivo de arroz-secano: Emisión de GEI por subcategoría (kt CO_2eq), 1990-2024 (barras) y aporte porcentual durante 2024 (anillo).

Fuente: Elaboración propia.

5.4.2 Aspectos metodológicos de la categoría

Las emisiones de CH_4 provenientes del cultivo de arroz (3.C.1. Arroz bajo riego y 3.C.2. Arroz de secano) se estimaron utilizando la ecuación 5.1 de las Directrices del IPCC (2006). De manera general, se aplicó una metodología de Nivel 1 para todos los departamentos del país, mientras que para los departamentos de la región de la Orinoquia se empleó una metodología de Nivel 2, basada en factores de emisión específicos para las condiciones nacionales (Tabla 5-37).

La subcategoría 3.C.1. Arroz bajo riego se desagregó en sistemas de inundación continua e inundación intermitente, mientras que la subcategoría 3.C.2. Arroz de secano se consideró bajo sistemas propensos a la sequía.

En la metodología de Nivel 1, el factor de emisión ajustado se estimó mediante las ecuaciones 5.2 y 5.3 del IPCC (2019), considerando el factor de emisión base (EFc) para Suramérica (1,27 kg CH_4 ha^{-1} d^{-1}) y los factores de escala asociados al régimen hídrico durante el cultivo (SFw), al régimen hídrico previo al establecimiento del cultivo (SFp) y a la aplicación de enmiendas orgánicas (SFo) (Tabla 5-37). Los valores de estos parámetros se adoptaron de las Tablas 5.11 a 5.14 de las Directrices del IPCC (2019), mientras que la tasa de aplicación de abonos orgánicos (ROAi) se estableció con base en información de expertos nacionales y resultados obtenidos por AGROSAVIA en el marco del Proyecto Biocarbono.

Para la región de la Orinoquia se empleó un factor de emisión de Nivel 2, desarrollado por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)-Bioversity International en el marco del Proyecto Biocarbono. Este factor se obtuvo a partir de mediciones in situ realizadas mediante cámaras estáticas en parcelas representativas de los sistemas arroceros de riego y secano, siguiendo las Directrices del IPCC (2019). Como resultado, se estimaron factores de emisión diarios de 0,04 kg CH_4 ha^{-1} d^{-1} para arroz bajo riego y 0,000067 kg CH_4 ha^{-1} d^{-1} para arroz de secano.

Tabla 5-37. Cultivo de arroz: Aspectos metodológicos para la estimación de GEI

Subcategoría	Contaminante	Nivel (Tier)	No. Ecuación	Ecuación	Fuente
3.C.1. Arroz riego; 3.C.2. Arroz secano	CH_4	1	Ecuación 5.1.	Dónde: CH_4 arroz = emisiones anuales de CH_4 producidas por el cultivo del arroz, kt CH_4 $año^{-1}$; EFijk = un factor de emisión diario para las condiciones i, j, y k, kg CH_4 há-1 día-1; tijk = período de cultivo del arroz para las condiciones i, j, y k, días; Aijk = superficie de cosecha anual de arroz para las condiciones i, j, y k, ha $año^{-1}$; i, j, y k = representan los diferentes ecosistemas, regímenes hídricos, tipo y cantidad de abonos orgánicos y otras condiciones bajo las cuales pueden variar las emisiones de CH_4 producidas por el arroz.	IPCC, 2006. V 4. Ch 11
	CH_4	1	Ecuación 5.2	Dónde: EF1=Factor de emisión diario ajustado para una superficie de cosecha especifico; EFc= Factor de emisión básico para tierras inundadas permanentemente sin abonos orgánicos; SFw= factor de ajuste para compensar las diferencias de regímenes hídricos durante el periodo de cultivo (tabla 5.12, volumen 4, capítulo 5 del Refinamiento IPCC 2019); SFp= factor de ajuste para compensar las diferencias de regímenes hídricos durante la temporada previa al cultivo (tabla 5.13, volumen 4, capítulo 5 del Refinamiento IPCC 2019); SFo= el factor de ajuste deberá variar según el tipo y la cantidad de abono orgánico aplicado de la ecuación 5,3 (tabla 5,14 del Refinamiento IPCC 2019).	IPCC, 2006. V 4. Ch 5
		1	Ecuación 5.3	Dónde: SFo= factor de ajuste para tipo y cantidad de abono orgánico aplicado; ROAi= tasa de aplicación de abono orgánico i, en peso seco para paja y en peso fresco para los demás, en t. há-1; CFOAi= factor de conversión para abono orgánico i (en términos de su efecto relativo con respecto a la paja aplicada poco antes del cultivo), como se indica en el Cuadro 5.14. (tabla 5.12, volumen 4, capítulo 5 del Refinamiento, IPCC 2019).	IPCC, 2006. V 4. Ch 5

Fuente: Elaboración propia.

5.4.2.1 Datos de actividad de la categoría

Los datos de actividad se obtuvieron principalmente de la Encuesta Nacional de Arroz Mecanizado (ENAM), desarrollada por el DANE en convenio con FEDEARROZ (DANE, 2026), para el periodo 2000–2024. La serie 1990–1999 se reconstruyó mediante la técnica de empalme por superposición parcial, utilizando como referencia los datos oficiales reportados por Colombia a la FAO y publicados en FAO (2026b) (Tabla 5-38). La serie resultante

fue posteriormente armonizada para garantizar su consistencia temporal y el nivel de desagregación municipal requerido para inventario (Tabla 5-39).

Tabla 5-38. Cultivo de arroz: Fuente de información de datos de actividad

Subcategoría	Dato de actividad	Periodo	Fuente	Observación
3.C.1.a. Continuamente inundado	Área sembrada de arroz riego continuamente inundada	2000-2024	DANE-FEDEARROZ	
		1990-1999	Empalme a partir de datos FAOStat	Se empleo la técnica de superposición
3.C.1.b.i. Aireación simple	Área sembrada de arroz riego con inundación intermitente-aireación simple	2000-2024	DANE-FEDEARROZ	
		1990-1999	Empalme a partir de datos FAOStat	Se empleo la técnica de superposición
3.C.1.b.ii. Aireación múltiple	Área sembrada de arroz riego con inundación intermitente-aireación múltiple	2000-2024	DANE-FEDEARROZ	
		1990-1999	Empalme a partir de datos FAOStat	Se empleo la técnica de superposición
3.C.2.b. Propenso a la sequía	Área sembrada de arroz secano	2000-2024	DANE-FEDEARROZ	
		1990-1999	Empalme a partir de datos FAOStat	Se empleo la técnica de superposición

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-39. Cultivo de arroz: Datos de actividad (Área sembrada con arroz (ha)) para las subcategorías 3.C.1. Arroz riego y 3.C.2. Arroz secano para GEI y CN+CC

Año	3.C.1.a. Continuamente inundado	3.C.1.b.i. Aireación simple	3.C.1.b.ii. Aireación múltiple	3.C.2.b. Propenso a la sequía
1.990	27.589,5	91.357,0	110.413,3	200.889,7
1.991	23.036,2	76.279,8	92.191,2	167.735,7
1.992	22.425,8	74.258,6	89.748,4	163.291,2
1.993	20.432,2	67.656,9	81.769,6	148.774,4
1.994	21.616,5	71.578,6	86.509,3	157.397,9
1.995	21.535,8	71.311,5	86.186,6	156.810,8
1.996	21.561,8	71.397,6	86.290,6	157.000,0
1.997	20.864,4	69.088,2	83.499,5	151.921,7
1.998	21.325,1	70.613,8	85.343,3	155.276,4
1.999	24.099,2	79.799,4	96.445,0	175.475,3
2.000	25.030,1	82.882,0	100.170,6	182.253,7
2.001	25.106,6	83.135,5	100.477,0	182.811,1
2.002	22.755,1	75.348,9	91.066,1	165.688,7
2.003	26.367,7	87.311,2	105.523,6	191.993,2
2.004	27.517,3	91.117,8	110.124,3	200.363,8
2.005	24.143,1	79.944,8	96.620,7	175.794,8
2.006	22.761,5	75.370,1	91.091,7	165.735,3
2.007	24.693,0	108.579,0	132.356,5	140.545,4
2.008	27.764,0	107.518,0	145.565,5	176.898,6
2.009	28.282,0	117.831,0	140.753,8	215.905,8
2.010	26.249,0	116.491,0	130.334,2	177.207,6
2.011	30.202,0	105.443,3	131.904,8	202.770,9
2.012	23.993,0	106.785,7	118.574,3	207.248,9
2.013	30.083,0	104.193,0	106.716,8	228.964,4
2.014	25.144,6	95.095,0	91.102,2	161.465,1
2.015	30.083,2	104.381,4	109.729,7	217.923,0
2.016	34.754,9	103.855,9	113.560,6	318.630,7
2.017	41.073,9	107.520,7	108.231,3	338.548,3
2.018	34.917,8	106.440,4	94.458,1	265.107,3
2.019	32.418,2	97.455,1	137.566,3	296.669,3
2.020	35.871,0	108.326,0	139.498,8	334.635,3
2.021	32.296,0	95.468,6	127.628,8	347.367,0
2.022	32.048,0	96.708,6	135.016,8	332.482,5
2.023	36.596,0	93.596,1	122.759,0	351.259,5

Año	3.C.1.a. Continuamente inundado	3.C.1.b.i. Aireación simple	3.C.1.b.ii. Aireación múltiple	3.C.2.b. Propenso a la sequía
2.024	34.687,0	92.324,7	118.304,5	396.089,0

Fuente: Elaboración propia.

5.4.2.2 Factores de emisión aplicados en la categoría

La estimación de las emisiones de CH_4 provenientes del cultivo de arroz se realizó utilizando, de manera general, los factores de emisión por defecto establecidos en las Directrices del IPCC para los gases de efecto invernadero (GEI). Para los departamentos de la región de la Orinoquia se aplicaron factores de emisión específicos de Nivel 2, desarrollados por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)-Bioversity International en el marco del Proyecto Biocarbono. A continuación (Tabla 5-40), se presentan los factores de emisión utilizados para cada una de las subcategorías.

Tabla 5-40. Cultivo de arroz: Factores de emisión aplicados por GEI

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad	Observación
3.C.1.a. Continuamente inundado	IPCC, 2019. V4, Ch5	1	D	SFw	1	kg CH_4 ha d-1	Norte de Santander
3.C.1.b.i. Aireación simple	IPCC, 2019. V4, Ch5	1	D	SFw	0,71	kg CH_4 ha d-1	Tolima
3.C.1.b.ii. Aireación múltiple	IPCC, 2019. V4, Ch5	1	D	SFw	0,55	kg CH_4 ha d-1	Todos los departamentos de arroz riego excepto Norte de Santander y Tolima
	Proyecto Biocarbono-CIAT-Bioversity International	2	CS	SFw	0,17	kg CH_4 ha d-1	Arauca, Casanare, Meta y Vichada
3.C.2.b. Propenso a la sequía	IPCC, 2019. V4, Ch5	1	D	SFw	0,16	kg CH_4 ha d-1	Todos los departamentos menos Arauca, Casanare, Meta y Vichada
3.C.2.b. Propenso a la sequía	Proyecto Biocarbono-CIAT-Bioversity International	2	CS	SFw	0	kg CH_4 ha d-1	Arauca, Casanare, Meta y Vichada
3.C.1.a. Continuamente inundado	IPCC, 2019. V4, Ch5	1	D	SFp	0,89	kg CH_4 ha d-1	
3.C.1.b.i. Aireación simple	IPCC, 2019. V4, Ch5	1	D	SFp	0,89	kg CH_4 ha d-1	
3.C.1.b.ii. Aireación múltiple	IPCC, 2019. V4, Ch5	1	D	SFp	0,89	kg CH_4 ha d-1	
	Proyecto Biocarbono-CIAT-Bioversity International	2	CS	SFp	0,16	kg CH_4 ha d-1	Arauca, Casanare, Meta y Vichada
3.C.2.b. Propenso a la sequía	IPCC, 2019. V4, Ch5	1	D	SFp	0,89	kg CH_4 ha d-1	Todos los departamentos menos Arauca, Casanare, Meta y Vichada
3.C.2.b. Propenso a la sequía	Proyecto Biocarbono-CIAT-Bioversity International	2	CS	SFp	0,02	kg CH_4 ha d-1	Arauca, Casanare, Meta y Vichada
3.C.1. Arroz riego; 3.C.2. Arroz secano	IPCC, 2019. V4, Ch5	1	D	CFOA	0,19		
3.C.1. Arroz riego; 3.C.2. Arroz secano	IPCC, 2019. V4, Ch5	1	D	ROAi	4,9	t ha-1	
3.C.1.a. Continuamente inundado	IPCC, 2019. V4, Ch5	1	D	Efi	1,21	kg CH_4 ha d-1	
3.C.1.b.i. Aireación simple	IPCC, 2019. V4, Ch5	1	D	Efi	0,86	kg CH_4 ha d-1	
3.C.1.b.ii. Aireación múltiple	IPCC, 2019. V4, Ch5	1	D	Efi	0,67	kg CH_4 ha d-1	
	Proyecto Biocarbono-CIAT-Bioversity International	2	CS	Efi	0,04	kg CH_4 ha d-1	

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad	Observación
3.C.2.b. Propenso a la sequía	IPCC, 2019. V4, Ch5	1	D	Efi	0,19	kg CH_4 ha d-1	
3.C.2.b. Propenso a la sequía	Proyecto Biocarbono-CIAT-Bioversity International	2	CS	Efi	0	kg CH_4 ha d-1	

Fuente: Elaboración propia.

5.4.3 Descripción de flexibilidad aplicada en la categoría

Para la categoría de Cultivo de arroz (3.C), Colombia no se acoge a ninguna de las disposiciones de flexibilidad contempladas en el marco internacional. El país ha generado estimaciones completas y consistentes que cubren la totalidad de la serie temporal (1990–2024)

5.4.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría

Tabla 5-41. Resultados de incertidumbre (%) por propagación del error para 3.C. Cultivo de arroz.

Subcategoría	Cont	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
3.C. Cultivo de arroz	CH4	23,5	23,5	23,3	23,3	24,8	24,2	22,3	22,1	22,3	22,1	22,1
3.C.1. Arroz riego	CH4	24,9	24,9	24,6	24,6	26,0	25,4	24,2	24,2	24,2	23,7	23,9
3.C.1.a. Continuamente inundado	CH4	41,7	41,7	41,2	41,2	41,2	41,1	41,1	41,1	41,1	41,1	41,1
3.C.1.b. Inundado intermitentemente	CH4	29,5	29,5	29,2	29,2	30,3	30,4	28,8	28,9	28,8	28,5	28,8
3.C.1.b.i. Aireación simple	CH4	42,7	42,7	42,2	42,2	42,2	42,1	42,1	42,1	42,1	42,1	42,1
3.C.1.b.ii. Aireación múltiple	CH4	32,6	32,6	32,2	32,2	32,5	32,9	31,0	31,0	31,2	31,7	31,9
3.C.2. Arroz secano	CH4	44,3	44,3	43,8	43,8	43,8	43,7	43,7	43,7	43,7	43,7	43,7
3.C.2.b. Propenso a la sequía	CH4	44,3	44,3	43,8	43,8	43,8	43,7	43,7	43,7	43,7	43,7	43,7

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 5-41 se presentan los resultados de incertidumbre para la categoría 3.C. Cultivo de arroz en los años seleccionados del periodo 1990-2024. Las emisiones de esta categoría corresponden exclusivamente a CH_4. Para los años analizados, la incertidumbre promedio fue de ±23,05 %. En 1990, la incertidumbre fue de ±23,5 %, mientras que en 2024 alcanzó ±22,1 %, lo que representa una reducción relativa del 5,96 %, equivalente a 1,4 puntos porcentuales. A lo largo del periodo se observa un comportamiento relativamente estable, con valores entre ±22,1 % y ±24,8 %. El valor más alto entre los años seleccionados se registró en 2010, mientras que desde 2021 la incertidumbre se mantuvo alrededor del 22 %.

Para 3.C.1. Arroz de riego, la incertidumbre promedio fue de ±24,60 %. Esta disminuyó de ±24,9 % en 1990 a ±23,9 % en 2024, equivalente a una reducción del 4,02 %. En 2024, la incertidumbre del arroz continuamente inundado fue de ±41,1 %, mientras que la correspondiente al arroz inundado intermitentemente alcanzó ±28,8 %. Dentro del régimen de inundación intermitente, la aireación simple presentó una incertidumbre de ±42,1 % en 2024, superior al valor de ±31,9 % registrado para la aireación múltiple. En ambos casos, las incertidumbres se mantuvieron relativamente estables durante el periodo analizado.

Por su parte, 3.C.2. Arroz de secano presentó una incertidumbre de ±44,3 % en 1990 y de ±43,7 % en 2024. Los resultados de esta subcategoría corresponden al arroz de secano propenso a la sequía y muestran una variación limitada durante la serie.

5.4.5 AC/CC de la categoría

De manera adicional a las actividades transversales de control y aseguramiento de calidad aplicadas a la totalidad del inventario, para las categorías del sector Agricultura se implementaron los siguientes procedimientos específicos, orientados a garantizar la calidad y la coherencia de los resultados reportados:

- Integridad de las bases de datos: Se verificó la integridad y consistencia de las bases de datos B0, B2, F2 y SectorCal, consolidadas conforme a la estructura estandarizada del inventario para la totalidad de las subcategorías del sector estimadas en el presente ciclo de reporte, garantizando que los datos de

actividad y demás parámetros utilizados en el cálculo se ajustaran a los formatos definidos y estuvieran debidamente documentados.

- Homogenización de series históricas: Para determinadas categorías del sector, en las que se identificaron cambios en las fuentes de información, en las metodologías de captura o en la desagregación de los datos de actividad a lo largo del tiempo, se aplicaron procedimientos de homogenización orientados a garantizar la coherencia y la consistencia metodológica de la serie histórica utilizada en la estimación de emisiones.
- Comparación con ciclos anteriores del inventario: Se compararon los resultados de emisiones obtenidos en el presente ciclo con los reportados en los ciclos anteriores del inventario, a nivel de subcategoría y de serie histórica, con el fin de identificar variaciones significativas y justificar técnicamente su origen, ya sea que respondan a cambios metodológicos, a la actualización de datos de actividad, o a otras causas identificadas durante el proceso de revisión.
- Articulación con actores del sector: Dada la naturaleza de las fuentes agropecuarias que integran esta categoría, la estimación de emisiones se desarrolló en estrecha articulación con las entidades del sector agropecuario asociadas a los distintos sistemas productivos cubiertos, con el fin de contrastar la información de actividad utilizada y validar la coherencia de los resultados frente al conocimiento técnico de las prácticas productivas representadas.
- Socialización y divulgación de resultados: Los resultados de emisiones del sector fueron socializados con los actores técnicos del sector, tanto institucionales como gremiales, en espacios de divulgación orientados al fortalecimiento de capacidades y a la identificación conjunta de opciones de mejora, así como a la retroalimentación de las estimaciones presentadas en el marco del presente ciclo de reporte.

5.4.6 Nuevos cálculos de la categoría

En cuanto a la subcategoría Arroz bajo riego (3.C.1), el comportamiento temporal de ambas series es muy similar, lo que indica que la actualización metodológica no modificó la dinámica histórica de la categoría. Tanto el BTR1 como el BTR2 muestran una disminución de las emisiones durante la primera mitad de la década de 1990, seguida de una recuperación gradual y una fase de relativa estabilidad con fluctuaciones interanuales (Figura 5-29).

No obstante, el BTR2 introduce ajustes importantes en la magnitud de las emisiones. En 1990 las emisiones aumentaron 6,9 % respecto al BTR1 (520,5 frente a 486,9 kt CO_2eq), mientras que entre 1991 y 2003 las estimaciones fueron sistemáticamente inferiores, con reducciones que oscilaron entre -1 % y -32 %. Las mayores diferencias se registraron en 1999 (-32,2 %), 2000 (-21,7 %) y 2001 (-21,3 %). Posteriormente, las discrepancias disminuyen considerablemente y, a partir de 2007, ambas series presentan una elevada consistencia. En la última parte de la serie predominan incrementos moderados en el BTR2, destacándose 2021, cuando las emisiones fueron 19,2 % superiores a las reportadas en el BTR1 (557,4 frente a 467,5 kt CO_2eq) (Ver Tabla 5-42)

En conjunto, la actualización metodológica no alteró la tendencia histórica del arroz bajo riego, sino que produjo ajustes moderados en la magnitud de las emisiones, preservando el comportamiento temporal de la categoría.

Mientras que en la subcategoría Arroz de secano (3.C.2), las diferencias son más evidentes en el arroz de secano. Aunque ambas series reproducen una evolución temporal similar durante las décadas de 1990 y 2000, el BTR2 presenta una variabilidad interanual considerablemente menor y una trayectoria más estable que la reportada en el BTR1.

Durante 1990-2006, las emisiones del BTR2 fueron, en general, inferiores a las del BTR1, con reducciones comprendidas entre -0,1 % y -36,5 %. Las mayores disminuciones ocurrieron en 2004 (-36,2 %), 2003 (-23,2 %) y 2000 (-18,9 %). Sin embargo, a partir de 2007 ambas series comienzan a divergir progresivamente. Mientras el BTR1 mantiene una alta variabilidad anual, el BTR2 presenta un crecimiento más continuo, alcanzando diferencias positivas cada vez mayores. En 2019 las emisiones fueron 21,3 % superiores a las del BTR1; en 2020 el incremento alcanzó 8,7 %, y en 2021 llegó a 24,9 % (66,9 frente a 53,6 kt CO_2eq). Para 2022-2024, el BTR2 mantiene emisiones entre 55,2 y 55,6 kt CO_2eq, reflejando una mayor estabilidad en la reconstrucción histórica

Tabla 5-42. Cultivo de arroz: Comparación entre el inventario anterior (BTR1) y el inventario actual (BTR2) (kt CO_2eq)

Subcategoría	Reporte	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021
3.C.1. Arroz riego	BTR1	486,9	431,6	603,1	506,6	488,7	465,5	573,9	467,5
3.C.1. Arroz riego	BTR2	520,5	406,3	472,2	455,5	595,4	557,6	633,4	557,4
3.C.1. Arroz riego	Diferencia	33,6	-25,3	-130,9	-51,2	106,7	92,1	59,5	89,9
3.C.1. Arroz riego	Diferencia (%)	6,9	-5,9	-21,7	-10,1	21,8	19,8	10,4	19,2
3.C.1. Arroz riego	**Efecto en total de subcategoría 3.C (%)**	**6,4**	**-5,5**	**-20,4**	**-9,4**	**20,3**	**17,6**	**9,4**	**17,3**
3.C.1. Arroz riego	**Efecto en total neto de subcategoría 3.C (%)**	**6,4**	**-5,5**	**-20,4**	**-9,4**	**20,3**	**17,6**	**9,4**	**17,3**
3.C.2. Arroz secano	BTR1	41,0	25,8	36,9	38,6	36,6	56,3	59,3	53,5
3.C.2. Arroz secano	BTR2	33,0	25,8	30,0	28,9	31,8	32,6	64,5	66,9
3.C.2. Arroz secano	Diferencia	-7,9	0,0	-7,0	-9,7	-4,8	-23,7	5,2	13,4
3.C.2. Arroz secano	Diferencia (%)	-19,4	0,0	-18,9	-25,2	-13,0	-42,2	8,7	24,9
3.C.2. Arroz secano	**Efecto en total de subcategoría 3.C (%)**	**-1,5**	**0,0**	**-1,1**	**-1,8**	**-0,9**	**-4,5**	**0,8**	**2,6**
3.C.2. Arroz secano	**Efecto en total neto de subcategoría 3.C (%)**	**-1,5**	**0,0**	**-1,1**	**-1,8**	**-0,9**	**-4,5**	**0,8**	**2,6**
3.C. Cultivo de arroz	BTR1	527,9	457,4	640,0	545,3	525,3	521,8	633,2	521,0
3.C. Cultivo de arroz	BTR2	553,5	432,1	502,2	484,4	627,3	590,1	697,9	624,3
3.C. Cultivo de arroz	Diferencia	25,6	-25,3	-137,8	-60,9	101,9	68,4	64,7	103,3
3.C. Cultivo de arroz	Diferencia (%)	4,9	-5,5	-21,5	-11,2	19,4	13,1	10,2	19,8
3.C. Cultivo de arroz	**Efecto en total de subcategoría 3 (%)**	**0,1**	**-0,1**	**-0,3**	**-0,1**	**0,2**	**0,1**	**0,1**	**0,2**
3.C. Cultivo de arroz	**Efecto en total neto de subcategoría 3 (%)**	**0,1**	**-0,1**	**-0,3**	**-0,1**	**0,2**	**0,1**	**0,1**	**0,2**
3. Agricultura	**BTR1**	**39.527,5**	**40.388,1**	**42.203,4**	**46.649,9**	**48.233,6**	**48.335,1**	**58.642,7**	**57.957,8**
3. Agricultura	**BTR2**	**40.175,9**	**41.412,8**	**40.771,6**	**42.919,9**	**44.818,5**	**45.895,5**	**56.187,1**	**55.163,3**
3. Agricultura	**Diferencia**	**648,4**	**1.024,7**	**-1.431,9**	**-3.730,0**	**-3.415,1**	**-2.439,6**	**-2.455,6**	**-2.794,5**
3. Agricultura	**Diferencia (%)**	**1,6**	**2,5**	**-3,4**	**-8,0**	**-7,1**	**-5,0**	**-4,2**	**-4,8**

Fuente: Elaboración propia.

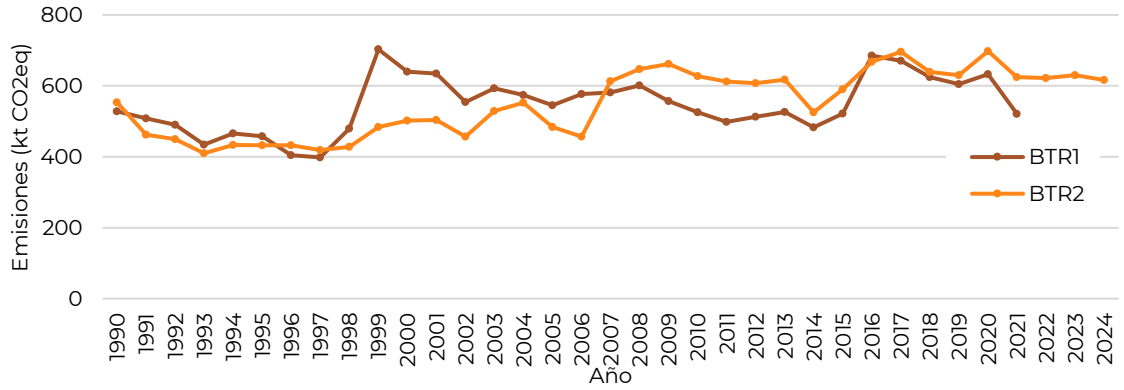


Figura 5-29. Cultivos de arroz: Recálculos de GEI (kt CO_2eq), 1990-2024.

Fuente: Elaboración propia.

5.4.7 Mejoras planeadas de la categoría

A continuación (Tabla 5-43), se presenta el plan de mejora diseñado para esta subcategoría, orientado a fortalecer la calidad de los datos, reducir los niveles de incertidumbre y optimizar los procesos metodológicos en los próximos ciclos de reporte.

Tabla 5-43. Cultivo de arroz: Plan de mejora

Subcategoría	Actividad propuesta de mejora	Periodo	Actores	Priorización
3.C Cultivo de arroz	Analizar estudios científicos realizados por diversos actores del sector arrocero para actualizar los factores de emisión y avanzar hacia un nivel metodológico Nivel 2 a escala subnacional	1990 - 2026	MinAgricultura; CIAT; Fedearroz; Ideam; Agrosavia; Universidades	BTR3 - 2028

Fuente: Elaboración propia.

5.5 Suelos agrícolas (CRT 3.D)

5.5.1 Descripción y tendencia de las emisiones y absorciones atmosféricas de la categoría

Estas emisiones están asociadas a la aplicación de nitrógeno (N) en los sectores agrícola y ganadero, así como a los cambios en el uso y manejo de la tierra. Los procesos microbianos de nitrificación y desnitrificación constituyen las vías principales de generación de N_2O dentro del ciclo del nitrógeno en el suelo (Han et al., 2024; Xun et al., 2022). Asimismo, en esta categoría se contabilizan las emisiones de contaminantes atmosféricos (CC+CN), específicamente NOx generados por las aplicaciones de fertilizantes N sintéticos (3.D.1.a) y orgánicos (3.D.1.b.i); PM_{10} y $PM_{2.5}$ derivado de operaciones agrícolas (3.D.1.g.i) y COVDM asociados a cultivos en pie (3.D.1.g.ii).

Para el cálculo de estas emisiones, se deben aplicar las fracciones de participación de cada fuente de entrada según los lineamientos metodológicos del IPCC (2019). Por lo tanto, las fuentes de nitrógeno consideradas en la estimación corresponden a:

- Fertilizantes sintéticos nitrogenados.
- Nitrógeno orgánico aplicado como enmienda o fertilizante: incluye estiércol animal, compost, lodos cloacales y otros desechos orgánicos.
- Nitrógeno por deyecciones ganaderas: orina y estiércol depositados directamente en pasturas, praderas y prados por animales en pastoreo.
- Nitrógeno en residuos agrícolas: biomasa aérea y subterránea, incorporando cultivos fijadores de nitrógeno y forrajes durante la renovación de pasturas.
- Mineralización de nitrógeno por pérdida de materia orgánica: asociada a cambios en el uso de la tierra o a la gestión de suelos minerales.
- Drenaje y gestión de suelos orgánicos (Histosoles).

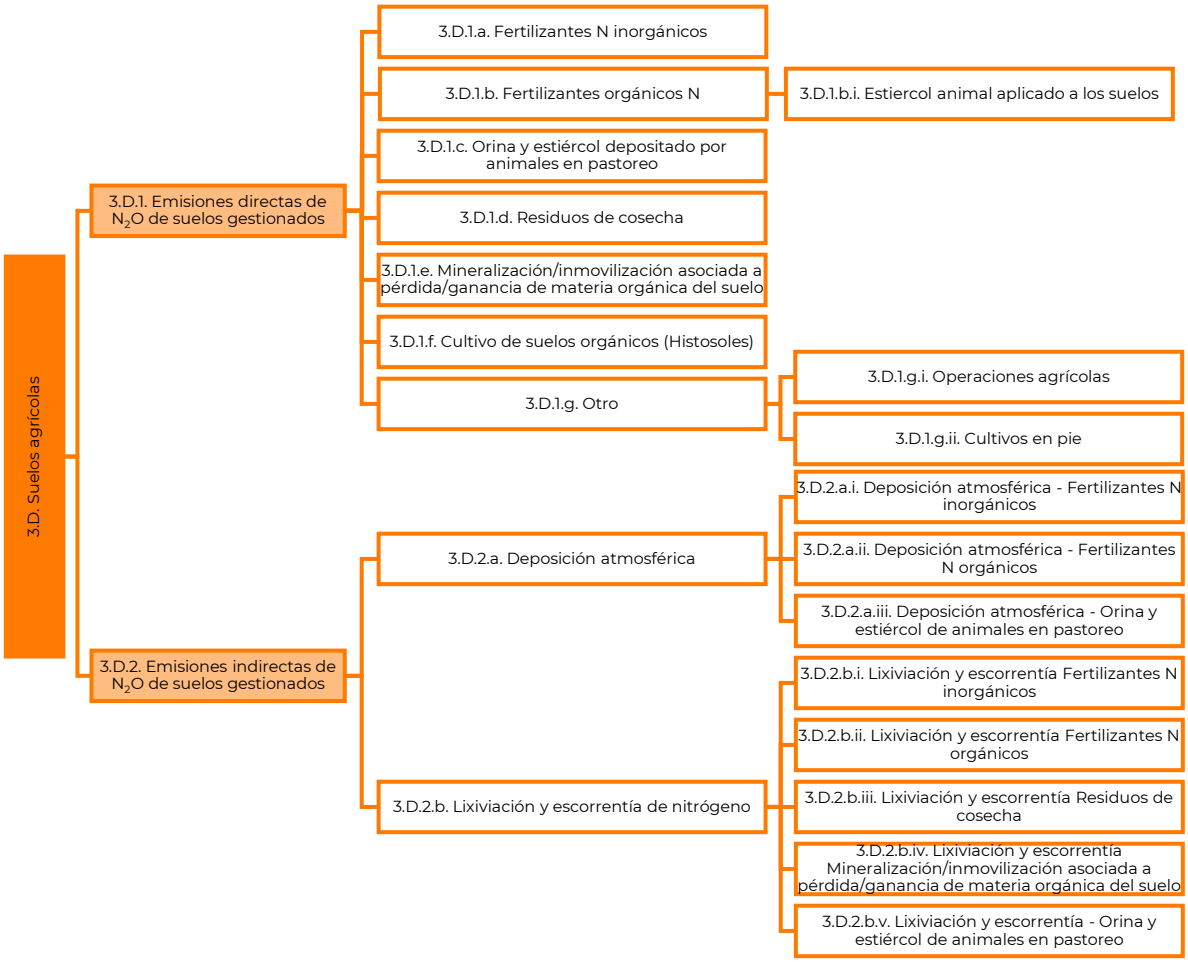


Figura 5-30.Sector Agricultura: Subcategorías estimadas en la categoría Suelos agrícolas.

Fuente: Elaboración propia.

La estimación de las emisiones GEI totales de la categoría suelos gestionados (3.D) para el último año de observación (2024) fue de 6.022 kt CO_2eq, lo cual representó el 10,4 % de las emisiones del sector Agricultura (58.033,4 kt CO_2eq). Esta participación ha mostrado una leve tendencia ascendente a través del tiempo, porque en 1990 la categoría aportaba el 9,9 % del total sectorial.

Durante 2024, las subcategorías más representativas fueron Emisiones directas de N_2O de suelos gestionados (3.D.1) con contribuciones del 81 % y respectivamente la subcategoría Emisiones indirectas de N_2O de suelos gestionados (3.D.2) el 19 % restante.

Las emisiones en suelos agrícolas aumentaron de 3.978,7 kt CO_2eq en 1990 a 6.022 kt CO_2eq en 2024, lo que equivale a un incremento acumulado del 51,3 % y una tasa promedio de crecimiento anual del 1,42 %. Asimismo, la emisión de 2024 refleja una disminución del 37,4 % en comparación con el último año reportado en el BTR1 (2021), donde la estimación de la emisión neta de la categoría fue 9.625,5 kt CO_2eq.

Las emisiones de la categoría suelos agrícolas (3.D) muestra una clara tendencia creciente a largo plazo. Este crecimiento no fue lineal: tras una breve caída inicial entre 1990 y 1992 (cuando tocó su mínimo de 3.423,4 kt CO_2eq), la categoría experimentó un ascenso sostenido hasta 2011, dando paso a un periodo de alta volatilidad donde se alcanzaron los máximos históricos en 2017 (6.581 kt CO_2eq) y 2020 (6.590,7 kt CO_2eq), seguidos de un bache pronunciado en 2022 y 2023, y una notable recuperación en el último año.

Esta tendencia general está explicada casi en su totalidad por la subcategoría 3.D.1 Emisiones directas de N_2O de suelos gestionados, la cual se consolida como el motor principal del sector al representar de manera sistemática entre el 80% y el 81% del volumen total de las emisiones. La correlación entre ambas es absoluta, ya que 3.D.1 dicta cada uno de los picos y valles de la gráfica; por ejemplo, el récord histórico del año 2020 fue impulsado por el máximo de 5.237,7 kt CO_2eq alcanzado en las emisiones directas, del mismo modo que la caída de 2022 y el posterior repunte de 2024 (4.853,4 kt CO_2eq) se deben directamente a su comportamiento, dejando

a la subcategoría 3.D.2 (Emisiones indirectas) en un rol secundario que solo acompaña la tendencia a menor escala.

Tabla 5-44. Suelos agrícolas: Emisiones totales de GEI por subcategoría (kt CO_2eq)

Subcategoría	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
3.D.1 Emisiones directas de N_2O de suelos gestionados	**3092,9**	**2931,9**	**3691,4**	**3980,9**	**4492,1**	**4802,1**	**5237,7**	**4990,6**	**4414,2**	**4336,9**	**4853,4**
3.D.1.a. Fertilizantes N inorgánicos	1967,2	1532,9	2071,0	2161,3	2523,1	2951,7	3308,0	3084,7	2504,3	2683,4	3218,8
3.D.1.b. Fertilizantes orgánicos N	51,5	55,6	45,3	57,6	62,8	72,1	114,7	76,5	74,5	73,7	73,5
3.D.1.b.i. Estiércol animal aplicado a los suelos	51,5	55,6	45,3	57,6	62,8	72,1	114,7	76,5	74,5	73,7	73,5
3.D.1.c. Orina y estiércol depositado por animales en pastoreo	215,9	226,4	216,6	223,9	223,8	213,8	274,2	273,6	285,5	287,8	282,6
3.D.1.d. Residuos de cosecha	57,9	58,9	54,9	60,0	53,1	50,8	100,4	94,8	96,1	94,8	94,2
3.D.1.e. Mineralización /inmovilización asociada a pérdida/ganancia de materia orgánica del suelo	51,6	309,4	554,9	729,2	880,5	764,9	691,7	712,2	705,1	448,5	435,5
3.D.1.f. Cultivo de suelos orgánicos (Histosoles)	748,8	748,8	748,8	748,8	748,8	748,8	748,8	748,8	748,8	748,8	748,8
3.D.1.g. Otro	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
3.D.1.g.i. Operaciones agrícolas	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
3.D.1.g.ii. Cultivos en pie	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
3.D.2. Emisiones indirectas de N_2O de suelos gestionados	**885,8**	**621,6**	**880,3**	**989,0**	**1161,5**	**1230,3**	**1353,0**	**1258,2**	**1095,5**	**1029,3**	**1168,6**
3.D.2.a. Deposición atmosférica	361,1	181,4	235,5	248,6	289,1	334,7	393,7	350,4	291,2	308,3	361,6
3.D.2.a.i. Deposición atmosférica - Fertilizantes N inorgánicos	199,1	154,2	213,3	220,4	258,3	299,4	337,5	312,9	254,7	272,2	325,6
3.D.2.a.ii. Deposición atmosférica - Fertilizantes N orgánicos	25,2	27,2	22,2	28,2	30,8	35,3	56,2	37,5	36,5	36,1	36,0
3.D.2.a.iii. Deposición atmosférica - Orina y estiércol de animales en pastoreo	136,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Subcategoría	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
3.D.2.b. Lixiviación y escorrentía de nitrógeno	524,8	440,1	644,8	740,3	872,4	895,6	959,4	907,8	804,3	721,0	807,0
3.D.2.b.i. Lixiviación y escorrentía Fertilizantes N inorgánicos	342,8	265,4	367,5	379,7	444,6	515,1	580,5	538,1	438,2	468,5	560,5
3.D.2.b.ii. Lixiviación y escorrentía Fertilizantes N orgánicos	22,7	24,5	19,9	25,3	27,6	31,7	50,5	33,7	32,8	32,4	32,3
3.D.2.b.iii. Lixiviación y escorrentía Residuos de cosecha	13,9	14,1	13,2	14,4	12,7	12,2	24,1	22,7	23,1	22,7	22,6
3.D.2.b.iv. Lixiviación y escorrentía Mineralización /inmovilización asociada a pérdida/ganancia de materia orgánica del suelo	22,7	136,1	244,1	320,9	387,4	336,6	304,3	313,4	310,2	197,3	191,6
3.D.2.b.v. Lixiviación y escorrentía - Orina y estiércol de animales en pastoreo	122,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3.D. Suelos agrícolas	**3978,8**	**3553,5**	**4571,7**	**4969,8**	**5653,6**	**6032,5**	**6590,7**	**6248,8**	**5509,7**	**5366,2**	**6022,0**

Fuente: Elaboración propia.

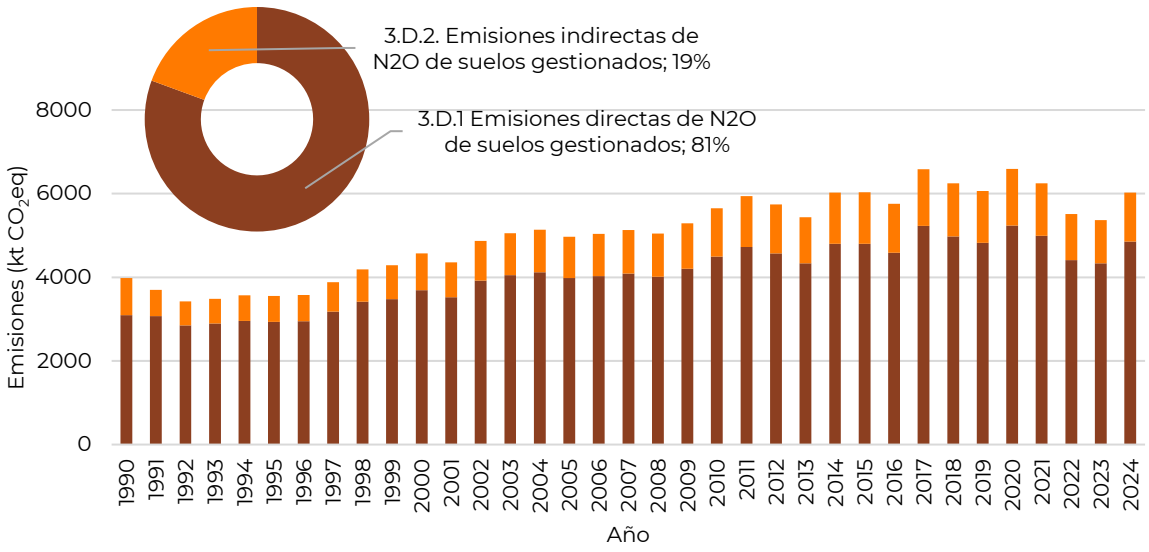


Figura 5-31. Suelos agrícolas: Emisión de GEI por subcategoría (kt CO_2eq), 1990-2024 (barras) y aporte porcentual durante 2024 (anillo)

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a las emisiones de NOx; PM_{10}; $PM_{2.5}$ y COVDM (Tabla 5-45; Figura 5-32), las emisiones de NOx del sector Agricultura estuvieron dominadas por la subcategoría 3.D.1.a. Fertilizantes nitrogenados inorgánicos, cuyas emisiones aumentaron de 12,5 kt en 1990 a 20,4 kt en 2024 (63,5 %), con una disminución inicial hasta 1996, un crecimiento sostenido hasta alcanzar un máximo de 21,1 kt en 2020, una reducción temporal entre 2021 y 2023 y una recuperación en 2024. Su participación dentro de la categoría suelos agrícolas (3.D) aumentó del 60 % al 91,7 %, mientras que dentro del sector 3. Agricultura pasó del 48,8 % al 64,9 %, consolidándose como la principal fuente de emisiones. En contraste, la subcategoría 3.D.1.b.i. Estiércol animal aplicado a los suelos presentó una contribución secundaria, con emisiones entre 1,1 y 2,9 kt, equivalentes generalmente al 5–13 % de los suelos agrícolas y al 5–9 % del sector (3). La tendencia del sector estuvo determinada casi exclusivamente por la evolución de las emisiones asociadas a la aplicación de fertilizantes nitrogenados inorgánicos.

Por su parte (Tabla 5-45; Figura 5-32), las emisiones de PM_{10} de la categoría de suelos agrícolas (3.D) provienen exclusivamente de la subcategoría 3.D.1.g.i. Operaciones agrícolas. Las emisiones asociadas a las operaciones agrícolas disminuyeron de 7,5 kt en 1990 a un mínimo de 5,7 kt en 2000 (23,6 %), seguido de una recuperación gradual que alcanzó 7,7 kt en 2024, valor 3 % superior al registrado al inicio de la serie. Sin embargo, su participación dentro del sector 3. Agricultura disminuyó de 41,1 % en 1990 a 29,3 % en 2024, debido a que otras fuentes de PM_{10} crecieron a un ritmo superior. En consecuencia, aunque las emisiones provenientes de los suelos agrícolas permanecieron relativamente estables durante el período de análisis, su importancia relativa dentro del sector Agricultura se redujo progresivamente.

En cuanto al material particulado fino ($PM_{2.5}$) (Tabla 5-45; Figura 5-32), las emisiones de la categoría 3.D. provienen exclusivamente de la subcategoría 3.D.1.g.i. (Operaciones agrícolas), las emisiones asociadas a las operaciones agrícolas disminuyeron de 0,29 kt en 1990 a un mínimo de 0,22 kt en 2000 (23,6 %), para posteriormente recuperarse de forma gradual hasta alcanzar 0,3 kt en 2024, valor 3 % superior al registrado al inicio de la serie. Sin embargo, su participación dentro del sector 3. Agricultura disminuyó de 3,2 % en 1990 a 2,3 % en 2024, reflejando que el crecimiento de las emisiones sectoriales fue impulsado principalmente por otras categorías de emisión. En conjunto, los resultados muestran que las emisiones de $PM_{2.5}$ asociadas a los suelos agrícolas permanecieron prácticamente estables durante la serie histórica, aunque su importancia relativa dentro del sector Agricultura se redujo de manera gradual.

Finalmente (Tabla 5-45; Figura 5-32), las emisiones de COVDM de la categoría de suelos agrícolas (3.D) provienen exclusivamente de la subcategoría cultivos en pie (3.D.1.g.ii), por tanto, determinó completamente la tendencia de estas categorías. Sin embargo, su contribución dentro del sector 3. Agricultura fue relativamente baja y mostró una disminución progresiva, pasando de 24,5 % de las emisiones sectoriales en 1990 a 11,3 % en 2024, como consecuencia del mayor crecimiento de otras fuentes agrícolas de COVDM. Dichas emisiones disminuyeron de 4,13 kt en 1990 a un mínimo de 3,16 kt en 2000 (23,6 %), para posteriormente recuperarse de manera gradual hasta alcanzar 4,25 kt en 2024, ligeramente por encima del valor inicial (3,0 %). En conjunto, estos resultados indican que, aunque las emisiones de COVDM asociadas a los suelos agrícolas permanecieron relativamente estables durante la serie histórica, su importancia relativa dentro del sector Agricultura se redujo de forma continua debido al incremento más acelerado de otras categorías de emisión.

Tabla 5-45. Suelos agrícolas: Emisiones de CN+CC (kt), 1990-2024

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
3.D.1.g.ii. Cultivos en pie											
NH_3	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
NOx	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
SO_2	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
CO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
COVDM	4,13	3,65	3,16	3,45	3,64	3,91	4,19	4,17	4,12	4,21	4,25
CN	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
PM_{10}	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
$PM_{2.5}$	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
3.D.1.g.i. Operaciones agrícolas											
NH_3	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
NOx	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
SO_2	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
CO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
COVDM	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
CN	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
PM_{10}	7,49	6,61	5,72	6,25	6,60	7,10	7,60	7,57	7,48	7,64	7,72
$PM_{2.5}$	0,29	0,25	0,22	0,24	0,25	0,27	0,29	0,29	0,29	0,29	0,30
3.D.1.g. Otro											
NH_3	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
NOx	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
SO_2	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
CO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
COVDM	4,13	3,65	3,16	3,45	3,64	3,91	4,19	4,17	4,12	4,21	4,25
CN	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
PM_{10}	7,49	6,61	5,72	6,25	6,60	7,10	7,60	7,57	7,48	7,64	7,72
$PM_{2.5}$	0,29	0,25	0,22	0,24	0,25	0,27	0,29	0,29	0,29	0,29	0,30
3.D.1.c. Orina y estiércol depositado por animales en pastoreo											
NH_3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
NOx	7,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SO_2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
CO	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
COVDM	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
CN	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
PM_{10}	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
$PM_{2.5}$	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
3.D.1.b.i. Estiércol animal aplicado a los suelos											
NH_3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
NOx	1,30	1,40	1,14	1,45	1,58	1,81	2,88	1,93	1,87	1,85	1,85
SO_2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
CO	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
COVDM	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
CN	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
PM_{10}	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
$PM_{2.5}$	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
3.D.1.b. Fertilizantes orgánicos N											
NH_3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
NOx	1,30	1,40	1,14	1,45	1,58	1,81	2,88	1,93	1,87	1,85	1,85
SO_2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
CO	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
COVDM	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
CN	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
PM_{10}	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
$PM_{2.5}$	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
3.D.1.a. Fertilizantes N inorgánicos											
NH_3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
NOx	12,47	9,66	13,37	13,82	16,18	18,74	21,12	19,58	15,94	17,05	20,39
SO_2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
CO	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
COVDM	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
CN	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
PM_{10}	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
$PM_{2.5}$	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
3.D.1 Emisiones directas de N_2O de suelos gestionados											
NH_3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
NOx	20,79	11,05	14,51	15,26	17,76	20,56	24,01	21,50	17,82	18,90	22,24
SO_2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
CO	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
COVDM	4,13	3,65	3,16	3,45	3,64	3,91	4,19	4,17	4,12	4,21	4,25
CN	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
PM_{10}	7,49	6,61	5,72	6,25	6,60	7,10	7,60	7,57	7,48	7,64	7,72
$PM_{2.5}$	0,29	0,25	0,22	0,24	0,25	0,27	0,29	0,29	0,29	0,29	0,30
3.D. Suelos agrícolas											
NH_3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
NOx	20,79	11,05	14,51	15,26	17,76	20,56	24,01	21,50	17,82	18,90	22,24
SO_2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
CO	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
COVDM	4,13	3,65	3,16	3,45	3,64	3,91	4,19	4,17	4,12	4,21	4,25
CN	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
PM_{10}	7,49	6,61	5,72	6,25	6,60	7,10	7,60	7,57	7,48	7,64	7,72
$PM_{2.5}$	0,29	0,25	0,22	0,24	0,25	0,27	0,29	0,29	0,29	0,29	0,30
3. Agricultura											
NH_3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
NOx	25,54	16,62	20,53	21,94	24,66	27,94	32,92	30,18	26,81	27,93	31,41

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
SO_2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
CO	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
COVDM	16,85	19,17	18,83	21,77	24,98	27,85	34,57	32,93	35,95	36,26	37,57
CN	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
PM_{10}	18,23	18,76	18,80	20,18	20,35	21,45	25,37	24,58	25,44	25,76	26,30
$PM_{2.5}$	8,97	9,85	10,62	11,06	10,34	10,39	12,80	12,26	12,50	12,62	12,78

Fuente: Elaboración propia.

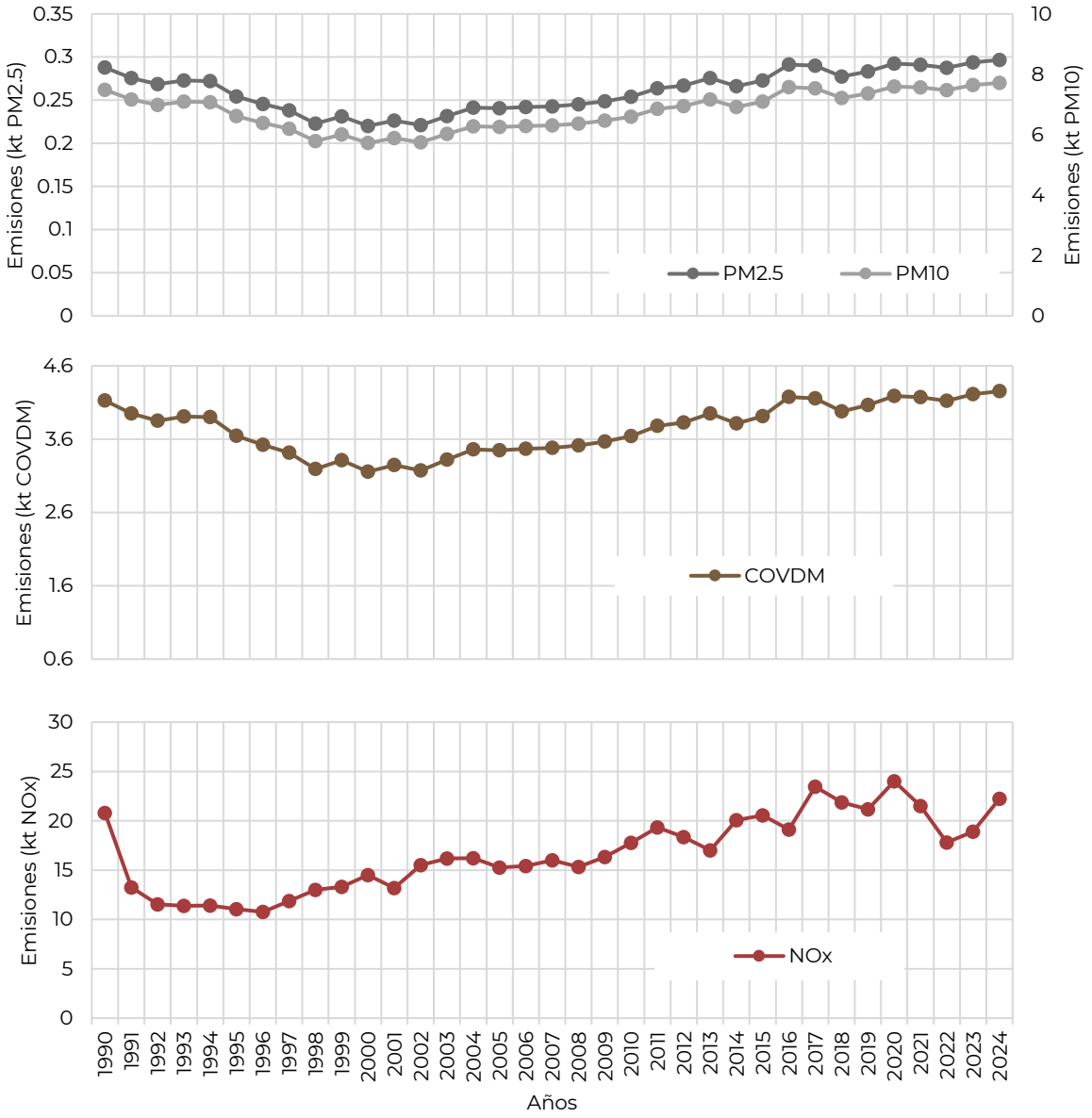


Figura 5-32. Suelos agrícolas: emisiones totales de CN+CC (kt), 1990-2024.

Fuente: Elaboración propia.

5.5.1.1 Emisiones directas de N_2O de suelos gestionados (3.D.1)

La emisión de GEI de la subcategoría 3.D.1 durante el 2024 fue 4.853,4 kt CO_2eq, lo cual representó el 80,6 % de las emisiones de la categoría suelos agrícolas (6.022 kt CO_2eq) (Tabla 5-44). Esta participación ha mostrado una leve tendencia ascendente a través del tiempo, porque en 1990 la categoría aportaba el 77,7 % del total de la categoría sectorial.

Durante 2024 (Figura 5-33), las subcategorías más representativas fueron Fertilizantes N inorgánicos (3.D.1.a), cultivos en suelos orgánicos -Histosoles (3.D.1.f) con contribuciones del 66,3 y 15,4 %, respectivamente.

Las emisiones directas de N_2O de suelos gestionados (3.D.1) aumentaron de 3.092,9 kt CO_2eq en 1990 a 4.853,4 kt CO_2eq en 2024, lo que equivale a un incremento acumulado del 56,9 % y una tasa promedio de crecimiento anual del 1,5 %. Asimismo, la emisión de 2024 refleja una disminución del 22,1 % en comparación con el último año reportado en el BTR1 (2021), donde la estimación de la emisión neta de la subcategoría fue 6.231,8 kt CO_2eq.

La serie de 3.D.1 muestra cuatro etapas diferenciadas (Figura 5-33): una fase de ligera disminución entre 1990 y 1996 (4,8 %), seguida de un crecimiento sostenido entre 1997 y 2010 (52,4 %), una etapa de mayor variabilidad entre 2011 y 2020 con oscilaciones interanuales y un máximo histórico de 5.237,7 kt CO_2eq en 2020, y finalmente una reducción entre 2021 y 2023, seguida de una recuperación parcial en 2024. Esta evolución refleja el efecto combinado de las distintas fuentes de emisión, aunque el comportamiento de la subcategoría estuvo determinado principalmente por el incremento de las emisiones asociadas a la aplicación de fertilizantes nitrogenados inorgánicos (3.D.1.a), complementado por el aumento registrado en la mineralización e inmovilización de la materia orgánica del suelo hasta comienzos de la década de 2010. En contraste, las emisiones provenientes de Histosoles permanecieron constantes durante toda la serie, mientras que las asociadas a fertilizantes orgánicos, orina y estiércol depositados en pastoreo y residuos de cosecha mantuvieron una contribución relativamente baja y con variaciones moderadas. En conjunto, la tendencia evidencia una intensificación de las emisiones directas de N_2O provenientes de los suelos gestionados, especialmente a partir de la década del 2000, seguida de una estabilización con fluctuaciones en los años más recientes.

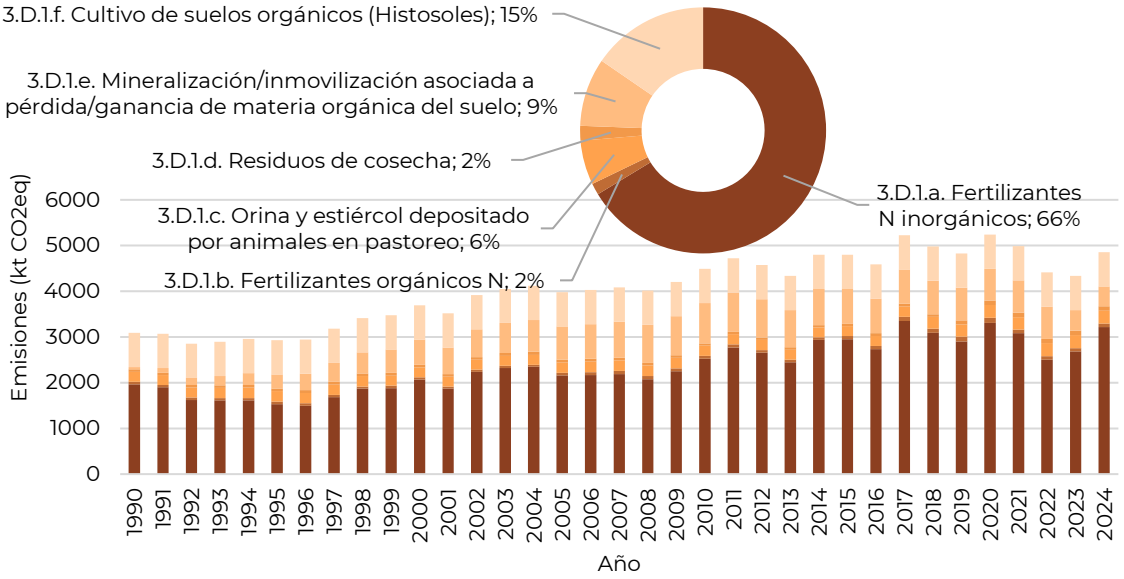


Figura 5-33. Suelos agrícolas-Emisiones directas de N_2O de suelos gestionados: Emisión de GEI por subcategoría (kt CO_2eq), 1990-2024 (barras) y aporte porcentual durante 2024 (anillo).

Fuente: Elaboración propia.

5.5.1.2 Emisiones indirectas de N_2O de suelos gestionados (3.D.2)

La emisión de GEI de la subcategoría 3.D.2 durante el 2024 fue 1.168,6 kt CO_2eq, lo cual representó el 19,4 % de las emisiones de la categoría suelos agrícolas (6.022 kt CO_2eq) (Tabla 5-44). Esta participación ha mostrado una leve tendencia descendente a través del tiempo, porque en 1990 la subcategoría aportaba el 22,3 % del total de la categoría sectorial.

Durante 2024 (Figura 5-34), las emisiones más importantes de esta subcategoría estuvieron asociadas a la lixiviación y escorrentía de N (3.D.2.b), seguidas de las emisiones asociadas a la deposición atmosférica (3.D.2.a), las cuales contribuyeron con 69,1 y 30,9 %, respectivamente.

Las emisiones indirectas de N_2O de suelos gestionados (3.D.2) aumentaron de 885,8 kt CO_2eq en 1990 a 1.168,6 kt CO_2eq en 2024, lo que equivale a un incremento acumulado del 31,9 % y una tasa promedio de crecimiento anual del 1,2 % (Figura 5-34). Asimismo, la emisión de 2024 refleja una disminución del 65,6 % en comparación con el último año reportado en el BTR1 (2021), donde la estimación de la emisión neta de la subcategoría fue 3.393,7 kt CO_2eq.

La evolución temporal de la serie de 3.D.2 muestra cuatro etapas diferenciadas: una disminución marcada entre 1990 y 1992 (35,4 %), seguida de un crecimiento sostenido entre 1993 y 2011 (106,9 %), una fase de variabilidad interanual entre 2012 y 2020, en la que se alcanzó el máximo histórico de 1.353,0 kt CO_2eq en 2020, y finalmente una reducción entre 2021 y 2023, seguida de una recuperación parcial en 2024. La dinámica de la subcategoría estuvo determinada principalmente por las emisiones derivadas de la lixiviación y escorrentía de nitrógeno (3.D.2.b), que representaron 69,1 % de las emisiones indirectas en 2024 (807,0 kt CO_2eq), mientras que la deposición atmosférica (3.D.2.a) aportó el 30,9 % restante (361,6 kt CO_2eq). En conjunto, estos resultados evidencian que las emisiones indirectas de N_2O mantuvieron una importancia secundaria dentro de la categoría Suelos agrícolas, aunque su evolución temporal siguió un patrón similar al de las emisiones directas, reflejando la influencia del incremento en los flujos de nitrógeno reactivo asociados al manejo de los suelos agrícolas.

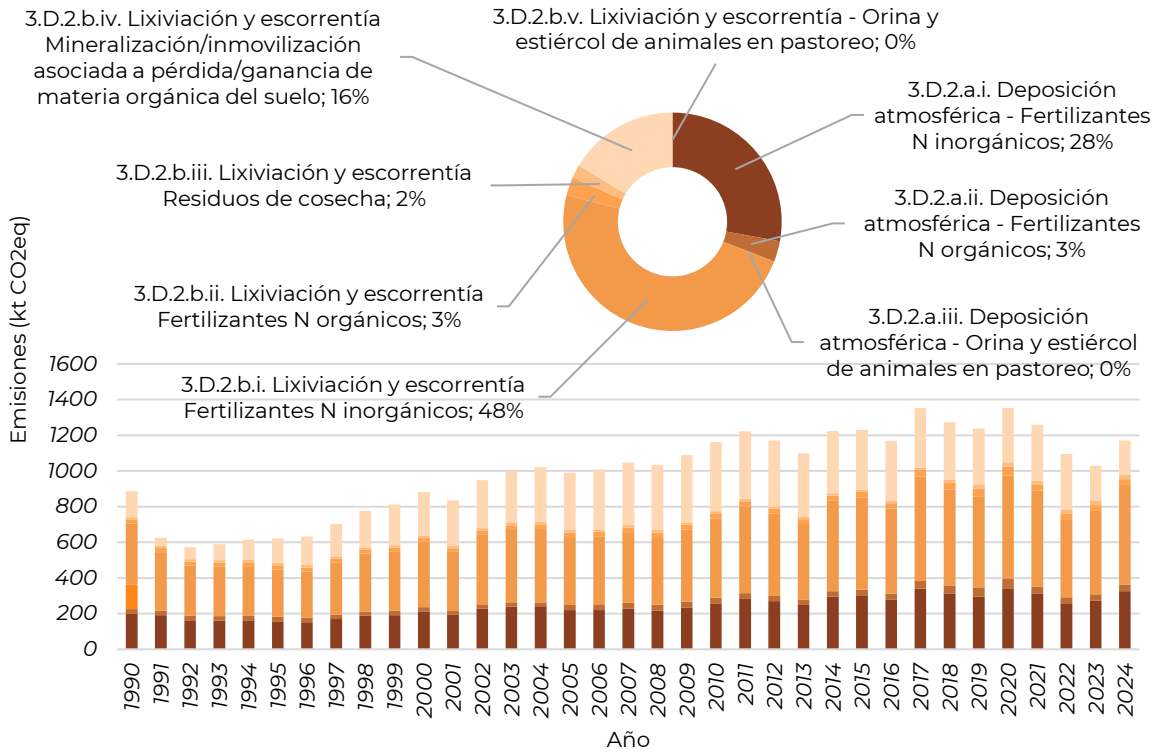


Figura 5-34. Suelos agrícolas-Emisiones indirectas de N_2O de suelos gestionados: Emisión de GEI por subcategoría (kt CO_2eq), 1990-2024 (barras) y aporte porcentual durante 2024 (anillo).

Fuente: Elaboración propia.

5.5.2 Aspectos metodológicos de la categoría

La estimación de las emisiones directas e indirectas de N_2O provenientes de suelos gestionados se realizó utilizando, de manera general, la metodología de Nivel 1 propuesta en las Directrices del IPCC (2019) (Tabla 5-46), basada en factores de emisión por defecto. La única excepción corresponde a la subcategoría 3.D.1.c. Orina y estiércol depositados por animales en pastoreo en los departamentos de la región de la Orinoquia, donde se aplicó una metodología de Nivel 2 basada en factores de emisión específicos para las condiciones nacionales. En todas las subcategorías se utilizó la ecuación general 11.1 del IPCC (2019).

Para la estimación mediante Nivel 1, la cantidad anual de nitrógeno depositado por la orina y el estiércol en pasturas se calculó utilizando la ecuación 11.5 del IPCC (2019), considerando las tasas de excreción de nitrógeno (Nex(T)) y la fracción del nitrógeno excretado por las especies en pastoreo (bovinos, búfalos, ovinos, caprinos, caballos, mulas y asnos). Las tasas de excreción utilizadas se describen en la categoría 3.B.

La metodología de Nivel 2 para la región de la Orinoquia fue desarrollada en el marco del Proyecto Biocarbono por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)-Bioversity International, a partir de mediciones in situ realizadas mediante cámaras estáticas en parcelas experimentales representativas de los sistemas ganaderos de la región. La selección de los sitios de monitoreo se realizó mediante un análisis espacial multicriterio que consideró el tipo de pastizal, las características edáficas y climáticas, el paisaje y la distribución espacial del hato bovino. El monitoreo incluyó parcelas con aplicación de orina, heces y un tratamiento control sin aplicación,

permitiendo estimar factores de emisión específicos para las condiciones de la Orinoquia. Como resultado, se obtuvo un factor de emisión promedio de 0,001 ± 0,0004 kg N_2O-N (kg N)$^{-1}$, con valores de 0,0041 ± 0,0001 kg N_2O-N (kg N)$^{-1}$ para la orina y 0,0001 ± 0,0001 kg N_2O-N (kg N)$^{-1}$ para las heces.

Por otra parte, la ecuación 11.6 del IPCC (2019) se empleó para estimar el nitrógeno contenido en los residuos de cultivos y la renovación de forrajes, mientras que la ecuación 11.8 se utilizó para cuantificar el nitrógeno mineralizado en suelos minerales como consecuencia de la pérdida de carbono orgánico asociada a cambios en el uso y manejo del suelo.

De igual manera (Tabla 5-46), el cálculo de las emisiones de CN+CC se estructuró bajo el enfoque metodológico de Nivel 1 (factores por defecto), de conformidad con las guías metodológicas EMEP/EEA de 2023 (Hutchings et al., 2023)..

Tabla 5-46. Suelos agrícolas: Aspectos metodológicos para la estimación de GEI y CN+CC

Subcategoría	Contaminante	Nivel (Tier)	No. Ecuación	Ecuación	Fuente
3.D.1.a. Fertilizantes N inorgánicos. 3.D.1.b. Fertilizantes orgánicos N	N_2O	1	Ecuación 11.1.	$N_2O - N_{N\ aportes} = \begin{bmatrix}[(F_{SN} + F_{ON} + F_{CR} + F_{SOM}) * EF_1] & + \\ [(F_{SN} + F_{ON} + F_{SOM})FR * EF_{1FR} &]\end{bmatrix}$ Dónde: $N_2O - N_{OS} = \begin{bmatrix}(F_{OS,CG,Temp} * EF_{2CG,Temp}) + (F_{OS,CG,Trop} * EF_{2CG,Trop}) + (F_{OS,} \\ (F_{OS,F,Temp,NP} * EF_{2F,Temp,NP}) + (F_{OS,F,Trop} * E\end{bmatrix}$ $N_2O - N_{PRP} = [(F_{PRP,CPP} * EF_{3PRP,CPP}) + (F_{PRP,SO} * EF_{3PRP,SO})]$ Dónde: N_2O Directas –N = emisiones directas anuales de N_2O –N producidas a partir de suelos gestionados, kg N_2O –N año^{-1}; N_2O –N aportes N = emisiones directas anuales de N_2O –N producidas por aportes de N a suelos gestionados, kg N_2O –N año^{-1}; N_2O –NOS = emisiones directas anuales de N_2O –N de suelos orgánicos gestionados, kg N_2O –N año^{-1}; N_2O –NPRP = emisiones directas anuales de N_2O –N de aportes de orina y estiércol a tierras de pastoreo, kg N_2O –N año^{-1}; FSN = cantidad anual de N aplicado a los suelos en forma de fertilizante sintético, kg N año^{-1}; FON = cantidad anual de estiércol animal, compost, lodos cloacales y otros aportes de N aplicada a los, kg N año^{-1}; FCR = cantidad anual de N en los residuos agrícolas (aéreos y subterráneos), incluyendo los cultivos fijadores de N y la renovación de forraje/pastura, que se regresan a los suelos, kg N año^{-1}; FSOM = cantidad anual de N en suelos minerales que se mineraliza, relacionada con la pérdida de C del suelo de la materia orgánica del suelo como resultado de cambios en el uso o la gestión de la tierra, kg N año^{-1}; FOS = superficie anual de suelos orgánicos gestionados/drenados, ha; FPRP = cantidad anual de N de la orina y el estiércol depositada por los animales en pastoreo sobre pasturas, prados y praderas, kg N año^{-1}; EF1 = factor de emisión para emisiones de N_2O de aportes de N, kg N_2O –N (kg aporte de N)-1; EF1FR es el factor de emisión para emisiones de N_2O de aportes de N en plantaciones de arroz inundadas, kg N_2O –N (kg aporte N)-1; EF2 = factor de emisión para emisiones de N_2O de suelos orgánicos drenados/gestionados, kg N_2O –N há-1 año^{-1}; EF3PRP = factor de emisión para emisiones de N_2O del N de la orina y el estiércol depositado en pasturas, prados y praderas por animales en pastoreo, kg N_2O –N (kg aporte de N)-1	IPCC, 2006. V 4. Ch 11
	NOx	1	Ecuación 1	$E_{Pullatant} = AR_{N-applied} * EF_{pollutant}$ Donde: Epollutant = cantidad de contaminante emitido (kg a–1), ARN-applied = cantidad de N aplicado en fertilizante, residuos orgánicos o residuos de cultivos (kg a–1), EFpollutant = EF del contaminante (kg kg–1).	EMEP/EEA, 2023. Ch3.D
3.D.1.c. Orina y estiércol depositado por animales en pastoreo	N_2O	1	Ecuación 11.5	$F_{PRP} = \sum_T [(N_T * Nex_{(T)}) * MS_{(T,PRP)}$ Dónde: F_{PRP} = cantidad anual de N de la orina y el estiércol depositada en pasturas, prados y praderas por animales en pastoreo, kg N año^{-1}; $N_{(T)}$ = cantidad de cabezas de ganado de la especie/categoría T del país; $Nex_{(T)}$ = promedio anual de excreción de N por	IPCC, 2006. V 4. Ch 11

Subcategoría	Contaminante	Nivel (Tier)	No. Ecuación	Ecuación	Fuente
				cabeza de la especie/categoría T en el país, kg N animal^{-1} año^{-1}; $MS_{(T,PRP)}$ = fracción del total de la excreción anual de N de cada especie/categoría de ganado T que se deposita en pasturas, prados y praderas	
	NOx	1	Ecuación 1	$$E_{Pullatant} = AR_{N-applied} * EF_{pollutant}$$ Donde: Epollutant = cantidad de contaminante emitido (kg a–1), ARN-applied = cantidad de N aplicado en fertilizante, residuos orgánicos o residuos de cultivos (kg a–1), EFpollutant = EF del contaminante (kg kg–1).	EMEP/EEA, 2023. Ch3.D
3.D.1.d. Residuos de cosecha	N_2O	1	Ecuación 11.6	$$F_{CR} = \sum_T \{\left[AGR_{(T)} * N_{AG(T)} * \left(1 - Frac_{Remov} - \left(Frac_{Quemada(T)} * C_f\right)\right)\right] + [BGR_{(T)} * N_{BG(T)}]\}$$ $$N_2O_{(ATD)} = N_2O_{(ATD)} - N * \frac{44}{28}$$ $$BGR_T = (Cultivo_T + AG_{DM(T)}) * RS_T * Area_T * Frac_{Renov(T)}$$ $$AG_{DM(T)} = (Cultivo_{(T)} * R_{AG(T)}$$ Dónde: FCR = cantidad anual de N en los residuos agrícolas (aéreos y subterráneos), incluyendo los cultivos fijadores de N y de la renovación de forraje/pastura, devueltos a los suelos, kg N año^{-1}; AGR(T) = cantidad total anual de residuos de cultivos sobre el suelo para el cultivo T kg.MS. año^{-1}; NAG(T) = contenido de N de los residuos sobre el suelo para el cultivo T kg N; FracRemov=fracción de residuos sobre el suelo del cultivo T que se extrae anualmente para fines tales como alimentación, cama y construcción, sin dimensiones; FracQuemada= fracción del área cosechada anual del cultivo T quemada, adimensional; Cf = factor de combustión (sin dimensión) (véase el Capítulo 2, Cuadro 2.6); BGR(T) = cantidad total anual de residuos de cultivos subterráneos para el cultivo T, kg dm año^{-1}; NBG(T) = Contenido de N de los residuos subterráneos para el cultivo T, kg N (kg dm)-1, (Cuadro 11.1a); AGM.S(T) = materia seca de residuos aéreos para el cultivo T, kg dm ha-1; Cultivo(T) = rendimiento anual de materia seca cosechada para el cultivo T, kg dm há-1; RAG(T) = relación entre materia seca de residuos sobre el suelo y rendimiento cosechado para el cultivo T (Cultivo (T), kg dm ha-1 (kg ms ha-1)-1, (Cuadro 11.1a); Área= superficie anual total cosechada del cultivo T, ha año^{-1}; FracRenov= fracción del área total bajo el cultivo T que se renueva anualmente 15, adimensional. Para países donde los pastos se renuevan en promedio cada X años, FracRenov = 1/X. Para cultivos anuales FracRenov = 1; RS(T) = relación entre la biomasa de raíces subterráneas y la biomasa de brotes aéreos para el cultivo T, kg dm ha-1 (kg dm ha-1)-1, (Cuadro 11.1a); T= tipo de cultivo o forraje	IPCC, 2019. V 4. Ch 11
		1	Ecuación 11.7	$$Cultivo_T = Rendimiento\ fresco_{(T)} * SECO$$ Dónde: Cultivo(T) = rendimiento de materia seca cosechada para el cultivo (t), kg materia seca ha-1; Rendimiento fresco(T) = rendimiento en fresco cosechado para el cultivo(t), Kg de peso fresco ha-1; SECO=fracción de materia seca del cultivo(t), kg materia seca (kg de peso fresco)-1	IPCC, 2006. V 4. Ch 11
3.D.1.e. Mineralización/inmovilización asociada a pérdida/ganancia de materia orgánica del suelo	N_2O	1	Ecuación 11.8	$$F_{SOM} \sum_{LU} [\left(\Delta C_{Mineral,LU} * \frac{1}{R}\right) * 1000]$$ Dónde: FSOM = cantidad neta de N mineralizado en suelos minerales debido a la pérdida de carbono del suelo por cambios en el uso, kg N; ΔCMineral, LU=pérdida promedio anual de carbono del suelo para cada tipo de uso de la tierra (LU), toneladas de C; R=Relación C:N de la materia orgánica del suelo.	IPCC, 2006. V 4. Ch 11

Subcategoría	Contaminante	Nivel (Tier)	No. Ecuación	Ecuación	Fuente
3.D.1.g.i. Operaciones agrícolas	$PM_{2.5}$; PM_{10}	1	Ecuación 1	$E_{Pullatant} = AR_{N-applied} * EF_{pollutant}$ Donde: Epollutant = cantidad de contaminante emitido (kg a–1), ARN-applied = cantidad de N aplicado en fertilizante, residuos orgánicos o residuos de cultivos (kg a–1), EFpollutant = EF del contaminante (kg kg–1).	EMEP/EEA, 2023. Ch3.D
3.D.1.g.ii. Cultivos en pie	COVDM	1	Ecuación 1	$E_{Pullatant} = AR_{N-applied} * EF_{pollutant}$ Donde: Epollutant = cantidad de contaminante emitido (kg a–1), ARN-applied = cantidad de N aplicado en fertilizante, residuos orgánicos o residuos de cultivos (kg a–1), EFpollutant = EF del contaminante (kg kg–1).	EMEP/EEA, 2023. Ch3.D
3.D.2.a. Deposición atmosférica	N_2O	1	Ecuación 11.9	$N_2O_{(ATD)} = N[(F_{SN} * Frac_{GASF}) + ((F_{ON} + F_{PRP})] * EF_4$ Dónde: N_2O (ATD)–N = cantidad anual de N_2O –N producida por deposición atmosférica de N volatilizado de suelos gestionados, kg N_2O –N año^{-1}; FSN= cantidad anual de N de fertilizante sintético aplicado a los suelos, kg N año^{-1}; FracGASF = fracción de N de fertilizantes sintéticos que se volatiliza como NH_3 y NOx, kg N volatilizado (kg de N aplicado)-1; FON = cantidad anual de estiércol animal gestionado, compost, lodos cloacales y otros agregados de N orgánico aplicada a los suelos, kg N año^{-1}; FPRP = cantidad anual de N de la orina y el estiércol depositada por animales de pastoreo en pasturas, prados y praderas, kg N año^{-1}; FracGASM = fracción de materiales fertilizantes de N orgánico (FON) y de N de orina y estiércol depositada por animales de pastoreo (FPRP) que se volatiliza como NH_3 y NOx, kg N volatilizado (kg de N aplicado o depositado)-1; EF4 = factor de emisión correspondiente a las emisiones de N_2O de la deposición atmosférica de N en los suelos y en las superficies del agua [kg N– N_2O (kg NH_3–N + NOx–N volatilizado)-1]	IPCC, 2006. V 4. Ch 11
3.D.2.b. Lixiviación y escorrentía de nitrógeno	N_2O	1	Ecuación 11.10	$N_2O_{(L)} - N = (F_{SN} + F_{ON} + F_{PRP} + F_{CR} + F_{SOM}) * Frac_{Lixiviada-(H)} * EF_5$ Dónde: N_2O (L)-N = cantidad anual de N_2O –N producida por lixiviación y escurrimiento de agregados de N a suelos gestionados en regiones donde se producen estos fenómenos, kg N_2O –N año^{-1}; FSN = cantidad anual de N de fertilizantes sintéticos aplicada a los suelos en regiones donde se produce lixiviación/escurrimiento, kg N año^{-1}; FON = cantidad anual de estiércol animal gestionado, compost, lodos cloacales y otros agregados de N orgánico-aplicada a los suelos en regiones donde se produce lixiviación/escurrimiento, kg N. año^{-1}; FPRP = cantidad anual de N de la orina y el estiércol depositada por los animales en pastoreo en regiones donde se produce lixiviación/escurrimiento, kg N año^{-1}; FCR = cantidad de N en los residuos agrícolas (aéreos y subterráneos), incluyendo los cultivos fijadores de N y de la renovación de forraje/pastura, devuelta a los suelos anualmente en regiones donde se produce lixiviación/escurrimiento, kg N. año^{-1}; FSOM = cantidad anual de N mineralizado en suelos minerales relacionada con la pérdida de C del suelo de la materia orgánica del suelo, como resultado de cambios en el uso o la gestión de la tierra en regiones donde se produce lixiviación/escurrimiento, kg N. año^{-1}; Frac LIXIVIACIÓN-(H) = fracción de todo el N agregado a/mineralizado en suelos gestionados en regiones donde se produce lixiviación/escurrimiento, kg N (kg de agregados de N)-1; EF5 = factor de emisión para emisiones de N_2O por lixiviación y escurrimiento de N, kg N_2O –N (kg N por lixiviación y escurrido)-1	IPCC, 2006. V 4. Ch 11

Fuente: Elaboración propia.

5.5.2.1 Datos de actividad de la categoría

A continuación (Tabla 5-47), se presenta el tipo de dato de actividad utilizado en la estimación de las emisiones, su fuente de información y las observaciones metodológicas más relevantes.

Tabla 5-47. Suelos agrícolas: Fuentes de información de datos de actividad

Subcategoría	Dato de actividad	Periodo	Fuente	Observación
3.D.1.a. Fertilizantes N inorgánicos; 3.D.2.a.i. Deposición atmosférica - Fertilizantes N inorgánicos; 3.D.2.b.i. Lixiviación y escorrentía Fertilizantes N inorgánicos	Cantidad anual de fertilizante sintético N aplicado a los suelos	2007-2024	UPRA	Evaluaciones agropecuarias municipales; Datos área cultivada para cada cultivo a escala municipal durante el periodo 2007-2024, recopilados por la UPRA.
		1990-2024	Ideam	Consulta nacional de expertos agropecuarios para recopilar indicadores de aplicación de N por consulta de expertos.
		1990-2024	IFAStat FAOStat	Datos para la validación cruzada de las estimaciones
		1990-2006	Técnica de empalme	Se empleo la técnica de superposición a partir de datos FAOStat
3.D.1.b. Fertilizantes orgánicos N; 3.D.2.a.ii. Deposición atmosférica - Fertilizantes N orgánicos; 3.D.2.b.ii. Lixiviación y escorrentía Fertilizantes N orgánicos	Cantidad anual de estiércol animal, compost, lodos de depuradora y otros aditivos orgánicos de N aplicados a los suelos	1990-2024	Categoría 3.B. Gestión de estiércol	Tasas de excreción; Fracciones de nitrógeno en los sistemas de gestión de estiércol; Factores de emisión directos de los sistemas de gestión de estiércol
3.D.1.c. Orina y estiércol depositados por animales en pastoreo; 3.D.2.a.iii. Deposición atmosférica - Orina y estiércol de animales en pastoreo; 3.D.2.b.v. Lixiviación y escorrentía - Orina y estiércol de animales en pastoreo	Cantidad anual de nitrógeno en orina y estiércol depositado por los animales de pastoreo en pastizales, praderas y potreros.	1990-2024	Categoría 3.B. Gestión de estiércol	Fracción de N depositado en los suelos de pastizales, y potreros por cada especie de animal; Nitrógeno excretado en los pastizales de acuerdo con la tasa de excreción de cada animal; Cantidad de nitrógeno del estiércol gestionado disponible para su aplicación en suelos gestionados en el sistema de pasturas
3.D.1.d. Residuos de cosecha; 3.D.2.b.iii. Lixiviación y escorrentía Residuos de cosecha	Cantidad anual de N en los residuos agrícolas (aéreos y subterráneos) praderas y potreros	1990-2006	Técnica de empalme	Se empleo la técnica de superposición a partir de datos FAOStat
		2007-2024	UPRA	Evaluaciones agropecuarias municipales
		1990-2024	Consulta nacional de expertos agropecuarios	
3.D.1.e. Mineralización/inmovilización asociada a	Cantidad anual de N en suelos minerales que se mineraliza	1990-2024	SMByC (Ideam)	

Subcategoría	Dato de actividad	Periodo	Fuente	Observación
pérdida/ganancia de materia orgánica del suelo; 3.D.2.b.iv. Lixiviación y escorrentía Mineralización/inmovilización asociada a pérdida/ganancia de materia orgánica del suelo				
3.D.1.f. Cultivo de suelos orgánicos (Histosoles)	Superficie anual de suelos orgánicos gestionados/drenados	1990-2024	IGAC	Mapa Digital de Geopedología en Colombia 2018
			Ideam	Mapa de Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia. Escala 1:100.000. versión 2.1. Año 2017; Mapa de Biomas Naturales de Colombia 2014; Mapa de clasificación climática Caldas Lang (Ideam)
3.D.1.g.i. Operaciones agrícolas	Área cultivada	1990-2006	Técnica de empalme	Se empleo la técnica de superposición a partir de datos FAOStat
		2007-2024	UPRA	Evaluaciones agropecuarias municipales
3.D.1.g.ii. Cultivos en pie	Área cultivada	1990-2006	Técnica de empalme	Se empleo la técnica de superposición a partir de datos FAOStat
		2007-2024	UPRA	Evaluaciones agropecuarias municipales

Fuente: Elaboración propia.

- 3.D.1.a. Fertilizantes nitrogenados inorgánicos

De acuerdo con las Directrices del IPCC, la estimación del consumo anual de fertilizantes nitrogenados debe basarse en estadísticas oficiales nacionales de ventas, producción o importaciones (Tabla 5-48). En Colombia, para el periodo 2007–2024, debido a la ausencia de información nacional consolidada, los datos de actividad se estimaron a partir de las áreas sembradas de los principales cultivos fertilizados, utilizando información de las Evaluaciones Agropecuarias Municipales (UPRA). Estas estimaciones fueron complementadas mediante una consulta nacional de expertos, desarrollada bajo la técnica Delphi, con el fin de establecer las cantidades de nitrógeno aplicadas y la proporción de área fertilizada por cultivo y departamento (Anexo 5.4. Encuesta de expertos para aplicación de Urea (3.H)).

La información suministrada por expertos con alto nivel de competencia fue integrada con las estadísticas agrícolas y posteriormente la información estimada se ajustó mediante un indicador indirecto (proxy), garantizando así su coherencia y alineación con el reporte consumo nacional urea publicado por Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes (IFA, por sus siglas en inglés) (Anexo 5.4. Encuesta de expertos para aplicación de Urea (3.H)).

- 3.D.1.b. Fertilizantes orgánicos nitrogenados

La estimación considera el nitrógeno aportado al suelo mediante la aplicación de estiércol procedente de los diferentes sistemas de manejo (Tabla 5-48). Para ello se aplicaron las ecuaciones 10,34; 10,34A y 10.34B de las Directrices del IPCC (2019), utilizando las tasas de excreción animal, las fracciones de nitrógeno asociadas a los sistemas de manejo de estiércol y los factores de emisión estimados en la categoría 3.B. Los parámetros relacionados con volatilización, lixiviación y relación N_2/N_2O se adoptaron de los valores por defecto del IPCC.

- 3.D.1.c. Orina y estiércol depositados por animales en pastoreo

Los datos de actividad corresponden a la cantidad anual de nitrógeno depositada por los animales en pastoreo sobre pastizales y potreros (Tabla 5-48). La estimación se realizó a partir de las tasas de excreción específicas por

especie calculadas en la categoría 3.B y de la fracción del nitrógeno excretado que permanece directamente sobre las áreas de pastoreo.

- 3.D.1.d. Residuos de cultivos

La cantidad anual de nitrógeno contenida en los residuos de cultivos se estimó utilizando información sobre áreas cosechadas (Tabla 5-48), producción y rendimiento de los principales cultivos del país, obtenida de las Evaluaciones Agropecuarias Municipales (UPRA). Las fracciones de residuos recogidos, quemados y dejados en campo fueron determinadas mediante una consulta nacional de expertos, cuyos resultados se consolidaron utilizando la técnica Delphi. Los parámetros relacionados con materia seca, contenido de nitrógeno, coeficientes de residuos y demás variables se establecieron conforme a las Directrices del IPCC (2019).

- 3.D.1.e. Mineralización e inmovilización de la materia orgánica del suelo

La estimación del nitrógeno mineralizado se basó en la pérdida anual de carbono orgánico del suelo asociada a cambios en el uso de la tierra ($\Delta C_{Minerales}$) (Tabla 5-48), utilizando la información generada por el Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC). Debido a que actualmente solo se dispone de estimaciones para tierras forestales, estas emisiones fueron incluidas temporalmente en el sector Agricultura.

Aunque el plan de mejoras del BTR1 contemplaba reasignar estas emisiones al sector LULUCF, de acuerdo con las Directrices del IPCC, este ajuste aún no se ha implementado debido a limitaciones de tiempo durante la elaboración del inventario.

- 3.D.1.f. Suelos orgánicos (Histosoles)

La superficie anual de suelos orgánicos gestionados (Tabla 5-49) se estimó mediante un análisis espacial realizado en ArcGIS, integrando el mapa geopedológico del IGAC con información nacional sobre ecosistemas, biomas, clasificación climática y división político-administrativa. Aunque actualmente se cuantifican los Histosoles correspondientes a todos los usos del suelo.

Desde el plan de mejoras de BTR1, se contempla que en futuras actualizaciones del inventario las emisiones se desagregarán de acuerdo con las Directrices del IPCC, reportando en Agricultura únicamente las correspondientes a tierras de cultivo y pastizales, mientras que las asociadas a tierras forestales serán incluidas en el sector LULUCF. Sin embargo, este ajuste aún no se ha implementado debido a limitaciones de tiempo durante la elaboración del inventario.

- 3.D.1.g.i. Operaciones agrícolas y 3.D.1.g.ii. Cultivos en pie

Los datos de actividad utilizados para estas dos subcategorías corresponden al área de uso agrícola reportada en las evaluaciones agropecuarias (UPRA, 2026). Estos datos de actividad se emplearon para estimar las emisiones de CN+CC (Tabla 5-49).

- 3.D.2. Emisiones indirectas de N_2O de suelos gestionados

Los datos de actividad utilizados en cada subcategoría corresponden a los mismos empleados en la estimación de las emisiones directas de N_2O de suelos gestionados (3.D.1) (Tabla 5-48; Tabla 5-49).

Tabla 5-48. Suelos agrícolas: Datos de actividad (entradas de N (kg)) para las subcategorías 3.D.1. Emisiones directas de N_2O y 3.D.1. Emisiones indirectas de N_2O para GEI y CN+CC

Año	3.D.1.a. Fertilizantes N inorgánicos	3.D.1.b.i. Estiercol animal aplicado a los suelos	3.D.1.c. Orina y estiércol depositado por animales en pastoreo	3.D.1.d. Residuos de cosecha	3.D.1.e. Mineralización/inmovilización asociada a pérdida/ganancia de materia orgánica del suelo
1.990,00	311.800.000,0	20.615.325,5	111.650.977,4	23.192.440,1	20.635.810,7
1.991,00	298.900.000,0	20.628.091,7	111.487.322,4	20.764.337,1	41.271.617,3
1.992,00	255.400.000,0	20.728.583,2	113.313.456,9	20.904.437,5	61.907.428,0
1.993,00	251.900.000,0	20.750.471,6	115.551.657,1	21.934.857,0	82.543.236,7
1.994,00	252.800.000,0	20.906.782,5	116.968.523,2	22.740.821,8	103.179.047,3
1.995,00	241.400.000,0	22.251.436,3	117.025.928,5	23.593.375,1	123.814.856,0
1.996,00	236.000.000,0	21.019.934,9	118.407.421,8	23.155.844,8	144.450.664,0
1.997,00	265.200.000,0	19.886.204,7	116.612.888,7	23.908.057,8	165.086.473,3
1.998,00	296.800.000,0	17.797.954,6	115.886.384,8	23.141.636,2	185.722.282,0
1.999,00	299.800.000,0	20.832.755,2	111.631.405,6	25.121.285,6	206.358.094,0
2.000,00	334.300.000,0	18.134.023,5	112.113.123,2	21.996.306,2	222.075.617,3
2.001,00	301.383.000,0	18.190.093,5	112.428.625,5	22.386.970,2	233.064.426,0
2.002,00	358.695.000,0	18.368.013,7	112.438.765,4	22.456.057,2	244.053.235,3
2.003,00	374.171.000,0	19.427.654,1	112.236.163,0	25.556.910,0	261.419.444,0

Año	3.D.1.a. Fertilizantes N inorgánicos	3.D.1.b.i. Estiercol animal aplicado a los suelos	3.D.1.c. Orina y estiércol depositado por animales en pastoreo	3.D.1.d. Residuos de cosecha	3.D.1.e. Mineralización/inmovilización asociada a pérdida/ganancia de materia orgánica del suelo
2.004,00	378.298.000,0	17.255.740,3	112.241.085,1	25.917.028,0	278.785.654,0
2.005,00	345.419.000,0	23.035.172,6	114.494.405,0	24.042.371,4	291.852.720,7
2.006,00	345.085.000,0	25.549.678,9	116.760.022,7	23.176.912,9	304.872.576,0
2.007,00	355.500.000,0	28.128.455,7	117.724.195,4	22.209.258,5	318.432.175,3
2.008,00	338.896.000,0	28.158.763,1	117.497.415,5	22.745.413,9	331.991.770,7
2.009,00	367.567.000,0	25.849.874,4	117.779.278,9	22.554.464,5	342.194.571,3
2.010,00	404.440.000,0	25.142.698,6	114.446.234,8	21.276.917,9	352.397.378,0
2.011,00	442.646.000,0	25.727.864,4	114.914.125,3	20.897.440,4	344.576.334,0
2.012,00	421.989.000,0	23.581.265,0	111.766.314,1	19.950.040,6	336.755.288,0
2.013,00	387.838.000,0	23.702.485,3	109.547.305,6	20.441.360,1	326.137.607,3
2.014,00	463.158.000,0	24.671.196,3	108.338.441,6	19.573.074,7	317.550.987,3
2.015,00	468.537.000,0	28.872.186,8	108.459.335,4	20.352.191,3	306.145.786,7
2.016,00	433.135.000,0	28.618.951,4	111.925.138,4	23.077.210,6	303.754.764,7
2.017,00	532.468.000,0	34.541.438,0	116.397.150,5	22.681.694,7	302.534.836,7
2.018,00	490.329.000,0	36.022.513,4	129.354.211,5	22.797.002,2	293.597.621,3
2.019,00	462.066.000,0	42.683.697,7	133.498.401,9	37.897.333,9	284.708.153,3
2.020,00	528.009.000,0	45.896.254,5	137.899.784,9	40.199.801,8	276.828.392,0
2.021,00	489.421.000,0	30.636.366,1	137.887.568,7	37.939.817,3	285.044.722,7
2.022,00	398.586.000,0	29.803.257,1	143.641.188,3	38.484.869,8	282.193.754,7
2.023,00	426.134.000,0	29.483.057,2	145.179.314,1	37.951.320,9	179.508.781,0
2.024,00	509.792.457,5	29.423.150,3	143.344.049,8	37.711.401,7	174.309.902,2

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-49. Suelos agrícolas: Datos de actividad (Área cultivada (ha)) para las subcategorías 3.D.1. Emisiones directas de N2O y 3.D.1. Emisiones indirectas de N2O para GEI y CN+CC

Año	3.D.1.f. Cultivo de suelos orgánicos (Histosoles)	3.D.1.g.i. Operaciones agrícolas	3.D.1.g.ii. Cultivos en pie
1.990	535.039,64	4.800.576,50	4.800.576,50
1.991	535.039,64	4.592.306,39	4.592.306,39
1.992	535.039,64	4.479.259,89	4.479.259,89
1.993	535.039,64	4.546.565,93	4.546.565,93
1.994	535.039,64	4.535.037,77	4.535.037,77
1.995	535.039,64	4.240.037,78	4.240.037,78
1.996	535.039,64	4.094.180,27	4.094.180,27
1.997	535.039,64	3.971.973,04	3.971.973,04
1.998	535.039,64	3.711.815,83	3.711.815,83
1.999	535.039,64	3.853.522,98	3.853.522,98
2.000	535.039,64	3.669.663,74	3.669.663,74
2.001	535.039,64	3.773.964,35	3.773.964,35
2.002	535.039,64	3.687.023,05	3.687.023,05
2.003	535.039,64	3.861.848,84	3.861.848,84
2.004	535.039,64	4.025.052,17	4.025.052,17
2.005	535.039,64	4.008.821,81	4.008.821,81
2.006	535.039,64	4.033.588,31	4.033.588,31
2.007	535.039,64	4.045.541,25	4.045.541,25
2.008	535.039,64	4.084.522,30	4.084.522,30
2.009	535.039,64	4.146.577,75	4.146.577,75
2.010	535.039,64	4.231.875,67	4.231.875,67
2.011	535.039,64	4.394.687,39	4.394.687,39
2.012	535.039,64	4.450.755,76	4.450.755,76
2.013	535.039,64	4.592.612,96	4.592.612,96
2.014	535.039,64	4.436.813,97	4.436.813,97
2.015	535.039,64	4.550.310,43	4.550.310,43
2.016	535.039,64	4.854.203,81	4.854.203,81
2.017	535.039,64	4.830.538,44	4.830.538,44
2.018	535.039,64	4.626.328,73	4.626.328,73

Año	3.D.1.f. Cultivo de suelos orgánicos (Histosoles)	3.D.1.g.i. Operaciones agrícolas	3.D.1.g.ii. Cultivos en pie
2.019	535.039,64	4.724.507,46	4.724.507,46
2.020	535.039,64	4.872.477,58	4.872.477,58
2.021	535.039,64	4.849.957,47	4.849.957,47
2.022	535.039,64	4.794.465,06	4.794.465,06
2.023	535.039,64	4.899.969,81	4.899.969,81
2.024	535.039,64	4.945.713,03	4.945.713,03

Fuente: Elaboración propia.

5.5.2.2 Factores de emisión aplicados en la categoría

La estimación de las emisiones asociadas a los suelos agrícolas se basa, de manera general, en la aplicación de los factores de emisión por defecto establecidos en las Directrices del IPCC para los gases de efecto invernadero (GEI). En las siguientes secciones se describen los factores de emisión empleados en cada una de las subcategorías evaluadas (Tabla 5-50).

Tabla 5-50. Suelos agrícolas: Factores de emisión aplicados por subcategoría de GEI y CN+CC

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad	Observación
3.D.1.a. Fertilizantes N inorgánicos	IPCC, 2019; Vol 4, Ch11, Cuadro 11.1	1	D	N_2O	0,016	kg N_2O–N (kg N)-1	Clima húmedo: todos los departamentos del país menos el departamento de La Guajira.
			D	N_2O	0,005	kg N_2O–N (kg N)-1	Clima seco: departamento de La Guajira.
	EMEP/EEA, 2023. Ch3.D	1	D	NOx	0,04	Kg NOx (kg N)-1	
3.D.1.b. Fertilizantes orgánicos N	IPCC, 2019; Vol 4, Ch11, Cuadro 11.1	1	D	N_2O	0,006	kg N_2O–N (kg N)-1	Clima húmedo: todos los departamentos del país menos el departamento de La Guajira.
			D	N_2O	0,005	kg N_2O–N (kg N)-1	Clima seco: departamento de La Guajira.
	EMEP/EEA, 2023. Ch3.D	1	D	NOx	0,04	Kg NOx (kg N)-1	
3.D.1.c. Orina y estiércol depositados por animales en pastoreo (bovinos, aves de corral y cerdos-CPP)	IPCC, 2019; Vol 4, Ch11, Cuadro 11.1	1	D	N_2O	0,006	kg N_2O–N (kg N)-1	Clima húmedo: todos los departamentos del país menos el departamento de La Guajira.
			D	N_2O	0,002	kg N_2O–N (kg N)-1	Clima seco: departamento de La Guajira.
	EMEP/EEA, 2023. Ch3.D	1	D	NOx	0,04	Kg NOx (kg N)-1	
3.D.1.c. Orina y estiércol depositados por animales en pastoreo (Ovinos y otros animales-SO)	IPCC, 2019; Vol 4, Ch11, Cuadro 11.1	1	D	N_2O	0,003	kg N_2O-N	Valor agregado para los departamentos de Arauca, Casanare, Meta y Vichada.
3.D.1.c. Orina y estiércol depositados por animales en pastoreo (Bovinos Región Orinoquia)	Proyecto Biocarbono-CIAT-Bioversity International	2	CS	N_2O	0,001	kg N_2O-N	Valor agregado para los departamentos de Arauca, Casanare, Meta y Vichada.
3.D.1.d. Residuos de cosecha	IPCC, 2019; Vol 4, Ch11, Cuadro 11.1	1	D	N_2O	0,006	kg N_2O–N (kg N)-1	Clima húmedo: todos los departamentos del país menos el departamento de La Guajira.

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad	Observación
			D	N_2O	0,005	kg N_2O–N (kg N)-1	Clima seco: departamento de La Guajira.
3.D.1.e. Mineralización/inmovilización asociada a pérdida/ganancia de materia orgánica del suelo	IPCC, 2019; Vol 4, Ch11, Cuadro 11.1	1	D	N_2O	0,006	kg N_2O–N (kg N)-1	Clima húmedo: todos los departamentos del país menos el departamento de La Guajira.
			D	N_2O	0,005	kg N_2O–N (kg N)-1	Clima seco: departamento de La Guajira.
3.D.1.f. Cultivo de suelos orgánicos (Histosoles)	Suplemento 2013 IPPC,2006; Vol4, Ch2, Cuadro 2.5	1	D	N_2O	5	kg N_2O–N (kg N)-1	Cultivos y pastizales en clima tropical
			D	N_2O	2,4	kg N_2O–N (kg N)-1	Tierras forestales en clima tropical
3.D.1.g.i. Operaciones agrícolas	EMEP/EEA, 2023. Ch3.D	1	D	$PM_{2.5}$; PM_{10}	0,06; 1,56	Kg $PM_{2.5}$; PM_{10} ha-1	
3.D.1.g.ii. Cultivos en pie	EMEP/EEA, 2023. Ch3.D	1	D	COVDM	0,89	Kg COVDM ha-1	
3.D.2.a.i. Deposición atmosférica - Fertilizantes N inorgánicos	IPCC, 2019; Vol 4, Ch11, Cuadro 11.3	1	D	N_2O	0,014	kg N_2O–N (kg NH_3–N + NOX–N volatilizado)-1	Clima húmedo: todos los departamentos del país menos el departamento de La Guajira
	IPCC, 2019; Vol 4, Ch11, Cuadro 11.3	1	D	N_2O	0,005	kg N_2O–N (kg NH_3–N + NOX–N volatilizado)-1	Clima seco: departamento de La Guajira
3.D.2.a.ii. Deposición atmosférica - Fertilizantes N orgánicos	IPCC, 2019; Vol 4, Ch11, Cuadro 11.3	1	D	N_2O	0,014	kg N_2O–N (kg NH_3–N + NOX–N volatilizado)-1	Clima húmedo: todos los departamentos del país menos el departamento de La Guajira
	IPCC, 2019; Vol 4, Ch11, Cuadro 11.3	1	D	N_2O	0,005	kg N_2O–N (kg NH_3–N + NOX–N volatilizado)-1	Clima seco: departamento de La Guajira
3.D.2.a.iii. Deposición atmosférica - Orina y estiércol de animales en pastoreo	IPCC, 2019; Vol 4, Ch11, Cuadro 11.3	1	D	N_2O	0,014	kg N_2O–N (kg NH_3–N + NOX–N volatilizado)-1	Clima húmedo: todos los departamentos del país menos el departamento de La Guajira
	IPCC, 2019; Vol 4, Ch11, Cuadro 11.3	1	D	N_2O	0,005	kg N_2O–N (kg NH_3–N + NOX–N volatilizado)-1	Clima seco: departamento de La Guajira
3.D.2.b.i. Lixiviación/escurrimiento Fertilizantes N inorgánicos	IPCC, 2019; Vol 4, Ch11, Cuadro 11.3	1	D	N_2O	0,011	kg N_2O–N (kg N lixiviación/escorrentía)-1	

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad	Observación
3.D.2.b.ii. Lixiviación/escurrimiento Fertilizantes N orgánicos	IPCC, 2019; Vol 4, Ch11, Cuadro 11.3	1	D	N_2O	0,011	kg N_2O–N (kg N lixiviación/escorrentía)-1	
3.D.2.b.iii. Lixiviación/escurrimiento Residuos de cosecha	IPCC, 2019; Vol 4, Ch11, Cuadro 11.3	1	D	N_2O	0,011	kg N_2O–N (kg N lixiviación/escorrentía)-1	
3.D.2.b.iv. Lixiviación/escurrimiento Mineralización/inmovilización asociada a pérdida/ganancia de materia orgánica del suelo	IPCC, 2019; Vol 4, Ch11, Cuadro 11.3	1	D	N_2O	0,011	kg N_2O–N (kg N lixiviación/escorrentía)-1	
3.D.2.b.v. Lixiviación/escurrimiento - Orina y estiércol de animales en pastoreo	IPCC, 2019; Vol 4, Ch11, Cuadro 11.3	1	D	N_2O	0,011	kg N_2O–N (kg N lixiviación/escorrentía)-1	

Fuente: Elaboración propia.

5.5.3 Descripción de flexibilidad aplicada en la categoría

Para la categoría de Suelos agrícolas (3.D), Colombia no se acoge a ninguna de las disposiciones de flexibilidad contempladas en el marco internacional. El país ha generado estimaciones completas y consistentes que cubren la totalidad de la serie temporal (1990–2024)

5.5.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría

Tabla 5-51. Resultados de incertidumbre (%) por propagación del error para 3.D. Suelos agrícolas

Subcategoría	Cont	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
3.D. Suelos agrícolas	N2O	18,3	18,2	17,3	12,6	11,9	10,9	11,0	11,3	12,5	12,1	11,2
3.D.1 Emisiones directas de N2O de suelos gestionados	N2O	22,7	21,5	20,6	14,5	13,9	12,7	12,8	13,2	14,8	14,2	13,0
3.D.1.a. Fertilizantes N inorgánicos	N2O	28,4	28,5	28,3	9,3	9,0	8,9	9,3	9,2	9,1	9,1	9,1
3.D.1.b.i. Estiercol animal aplicado a los suelos	N2O	46,2	46,2	46,2	46,2	46,2	46,2	46,2	46,2	46,2	46,2	46,2
3.D.1.c. Orina y estiércol depositado por animales en pastoreo	N2O	146,5	146,6	146,3	149,2	151,7	156,5	156,1	155,4	156,1	156,2	156,1
3.D.1.d. Residuos de cosecha	N2O	46,1	46,1	46,0	46,1	46,0	46,0	46,1	46,1	46,1	46,1	46,1
3.D.1.e. Mineralización/inmovilización asociada a pérdida/ganancia de materia orgánica del suelo	N2O	43,5	43,5	43,5	43,5	43,5	43,5	43,5	43,5	43,5	43,5	43,5

Subcategoría	Cont	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
3.D.1.f. Cultivo de suelos orgánicos (Histosoles)	N2O	37,1	37,1	37,1	37,1	37,1	37,1	37,1	37,1	37,1	37,1	37,1
3.D.2. Emisiones indirectas de N2O de suelos gestionados	N2O	22,0	23,8	24,5	24,4	20,8	20,5	20,0	20,4	20,2	20,4	20,8
3.D.2.a. Deposición atmosférica	N2O	21,0	9,2	8,8	8,7	7,8	7,9	7,3	7,3	7,2	7,2	7,3
3.D.2.a.i. Deposición atmosférica - Fertilizantes N inorgánicos	N2O	10,8	10,4	9,6	9,6	8,6	8,6	8,1	8,1	8,1	8,0	8,1
3.D.2.a.ii. Deposición atmosférica - Fertilizantes N orgánicos	N2O	17,2	18,0	13,1	17,0	14,2	16,5	14,5	11,7	9,8	9,7	9,5
3.D.2.a.iii. Deposición atmosférica - Orina y estiércol de animales en pastoreo	N2O	53,1	53,1	53,1	53,1	53,1	53,1	53,1	53,1	53,1	53,1	53,1
3.D.2.b. Lixiviación y escorrentía de nitrógeno	N2O	34,1	33,4	33,3	32,5	27,6	28,0	28,0	28,1	27,4	28,9	30,0
3.D.2.b.i. Lixiviación y escorrentía Fertilizantes N inorgánicos	N2O	49,3	49,4	49,4	49,4	40,4	40,4	40,4	40,4	40,4	40,4	40,4
3.D.2.b.ii. Lixiviación y escorrentía Fertilizantes N orgánicos	N2O	49,4	49,4	49,4	49,4	40,4	40,4	40,4	40,4	40,4	40,4	40,4
3.D.2.b.iii. Lixiviación y escorrentía Residuos de cosecha	N2O	128,5	128,5	128,5	128,5	125,4	125,4	125,4	125,4	125,4	125,4	125,4
3.D.2.b.iv. Lixiviación y escorrentía Mineralización/inmovilización asociada a pérdida/ganancia de materia orgánica del suelo	N2O	46,5	46,5	46,5	46,5	41,1	41,1	41,1	41,1	41,1	41,1	41,1
3.D.2.b.v. Lixiviación y escorrentía - Orina y estiércol de animales en pastoreo	N2O	44,0	44,0	44,0	44,0	44,0	40,4	40,4	40,4	40,4	40,4	40,4

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 5-51 se presentan los resultados de incertidumbre para la categoría 3.D. Suelos agrícolas en los años seleccionados del periodo 1990-2024. Las emisiones de esta categoría corresponden exclusivamente a N_2O. Para los años analizados, la incertidumbre promedio fue de ±13,39 %.

En 1990, la incertidumbre fue de ±18,3 %, mientras que en 2024 alcanzó ±11,2 %, lo que representa una reducción relativa del 38,80 %, equivalente a 7,1 puntos porcentuales. La mayor disminución se presentó entre 2000 y 2005, cuando la incertidumbre pasó de ±17,3 % a ±12,6 %. Desde 2010 se mantuvo alrededor del 11 % y 12 %, con un aumento puntual hasta ±12,5 % en 2022.

Para 3.D.1. Emisiones directas de N_2O de suelos gestionados, la incertidumbre promedio fue de ±15,81 %. Esta disminuyó de ±22,7 % en 1990 a ±13,0 % en 2024, lo que representa una reducción relativa del 42,73 %. Durante los años recientes, la incertidumbre aumentó de ±12,8 % en 2020 a ±14,8 % en 2022 y posteriormente disminuyó a ±13,0 % en 2024.

Entre las fuentes directas, la mayor incertidumbre en 2024 correspondió a la orina y el estiércol depositados por animales en pastoreo, con ±156,1 %. Le siguieron el estiércol animal aplicado a los suelos, con ±46,2 %; los residuos de cosecha, con ±46,1 %; la mineralización o inmovilización asociada a cambios en la materia orgánica del suelo, con ±43,5 %; y el cultivo de suelos orgánicos, con ±37,1 %. Los fertilizantes nitrogenados inorgánicos presentaron la menor incertidumbre, con ±9,1 %, después de disminuir desde ±28,4 % en 1990.

La incertidumbre asociada a la orina y el estiércol depositados por animales en pastoreo se mantuvo por encima del 146 % durante toda la serie y alcanzó ±156,1 % en 2024. A pesar de este valor, la incertidumbre de las emisiones directas agregadas fue considerablemente inferior, debido a la ponderación de esta fuente según su contribución a las emisiones totales.

Para 3.D.2. Emisiones indirectas de N_2O de suelos gestionados, la incertidumbre promedio fue de ±21,62 %. En 1990, la incertidumbre fue de ±22,0 %, mientras que en 2024 alcanzó ±20,8 %, equivalente a una reducción del 5,45 %. Desde 2010, los valores se mantuvieron relativamente estables, alrededor del 20 %.

En 2024, la incertidumbre de la deposición atmosférica fue de ±7,3 %, mientras que la correspondiente a la lixiviación y escorrentía de nitrógeno alcanzó ±30,0 %. Dentro de la deposición atmosférica, la mayor incertidumbre correspondió a la orina y el estiércol de animales en pastoreo, con ±53,1 %.

Entre las fuentes asociadas a lixiviación y escorrentía, los residuos de cosecha presentaron la mayor incertidumbre en 2024, con ±125,4 %. Les siguieron la mineralización o inmovilización de la materia orgánica del suelo, con ±41,1 %, y los fertilizantes nitrogenados inorgánicos y orgánicos y la orina y el estiércol de animales en pastoreo, todos con ±40,4 %.

5.5.5 AC/CC de la categoría

De manera adicional a las actividades transversales de control y aseguramiento de calidad aplicadas a la totalidad del inventario, para las categorías del sector Agricultura se implementaron los siguientes procedimientos específicos, orientados a garantizar la calidad y la coherencia de los resultados reportados:

- Integridad de las bases de datos: Se verificó la integridad y consistencia de las bases de datos B0, B2, F2 y SectorCal, consolidadas conforme a la estructura estandarizada del inventario para la totalidad de las subcategorías del sector estimadas en el presente ciclo de reporte, garantizando que los datos de actividad y demás parámetros utilizados en el cálculo se ajustaran a los formatos definidos y estuvieran debidamente documentados.
- Homogenización de series históricas: Para determinadas categorías del sector, en las que se identificaron cambios en las fuentes de información, en las metodologías de captura o en la desagregación de los datos de actividad a lo largo del tiempo, se aplicaron procedimientos de homogenización orientados a garantizar la coherencia y la consistencia metodológica de la serie histórica utilizada en la estimación de emisiones.
- Comparación con ciclos anteriores del inventario: Se compararon los resultados de emisiones obtenidos en el presente ciclo con los reportados en los ciclos anteriores del inventario, a nivel de subcategoría y de serie histórica, con el fin de identificar variaciones significativas y justificar técnicamente su origen, ya sea que respondan a cambios metodológicos, a la actualización de datos de actividad, o a otras causas identificadas durante el proceso de revisión.
- Articulación con actores del sector: Dada la naturaleza de las fuentes agropecuarias que integran esta categoría, la estimación de emisiones se desarrolló en estrecha articulación con las entidades del sector agropecuario asociadas a los distintos sistemas productivos cubiertos, con el fin de contrastar la información de actividad utilizada y validar la coherencia de los resultados frente al conocimiento técnico de las prácticas productivas representadas.
- Socialización y divulgación de resultados: Los resultados de emisiones del sector fueron socializados con los actores técnicos del sector, tanto institucionales como gremiales, en espacios de divulgación orientados al fortalecimiento de capacidades y a la identificación conjunta de opciones de mejora, así como a la retroalimentación de las estimaciones presentadas en el marco del presente ciclo de reporte.

5.5.6 Nuevos cálculos de la categoría

Al comparar las emisiones reportadas para el primer año de la serie (1990) y el último año común entre ambos informes (2021), se observa que la actualización metodológica del BTR2 redujo las estimaciones de emisiones en 38,1 % y 35,1 %, respectivamente, con respecto a las publicadas en el BTR1 (Tabla 5-52). Esta diferencia no se limita a los años extremos de la serie, sino que constituye un patrón sistemático a lo largo de todo el periodo de análisis (1990–2021), en el que las emisiones estimadas en el BTR2 permanecen consistentemente por debajo de las reportadas en el BTR1.

Mientras que el BTR1 estimaba emisiones para la subcategoría 3.D. Suelos agrícolas comprendidas entre 6.426,9 y 9.625,5 kt CO_2eq, la reconstrucción metodológica del BTR2 redujo ese intervalo a 3.423,4–6.248,8 kt CO_2eq para el periodo comparable, y estimó 5.509,7; 5.366,2 y 6.022,1 kt CO_2eq para los años 2022, 2023 y 2024, respectivamente. En términos absolutos, la diferencia entre ambos reportes osciló entre 1.521,7 y 3.497,3 kt CO_2eq, mientras que la reducción relativa varió entre 20,2 % y 49,3 %, dependiendo del año considerado (Figura 5-35).

A pesar de esta importante recalibración de la magnitud de las emisiones, el BTR2 conservó el comportamiento temporal general de la serie histórica, reproduciendo las principales fluctuaciones interanuales observadas en el BTR1. En consecuencia, la actualización metodológica modificó principalmente el nivel de las emisiones estimadas, sin alterar sustancialmente la interpretación de su evolución temporal.

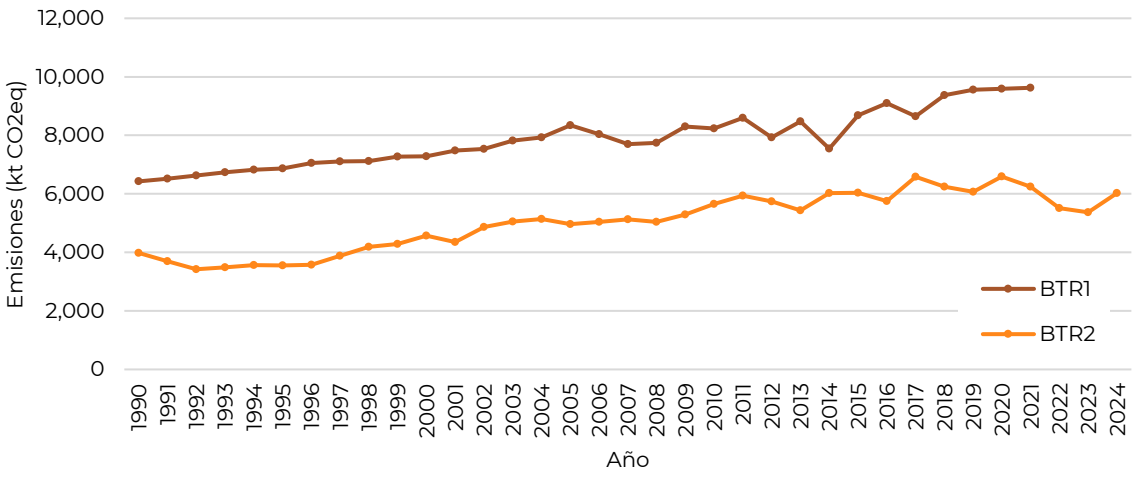


Figura 5-35. Suelos agrícolas: Recálculos de GEI (kt CO_2eq), 1990-2024.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-52. Suelos agrícolas: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2) (kt CO_2eq)

Subcategoría	Reporte	1.990	1.995	2.000	2.005	2.010	2.015	2.020	2.021
3.D.1. Emisiones directas de N_2O de suelos gestionados	BTR1	4.317,2	4.625,6	4.873,1	5.538,4	5.379,3	5.750,0	6.176,5	6.231,8
3.D.1 Emisiones directas de N_2O de suelos gestionados	BTR2	3.092,9	2.931,9	3.691,4	3.980,9	4.492,1	4.802,2	5.237,7	4.990,6
3.D.1. Emisiones directas de N_2O de suelos gestionados	Diferencia	-1.224,3	-1.693,7	-1.181,7	-1.557,5	-887,2	-947,8	-938,8	-1.241,3
3.D.1 Emisiones directas de N_2O de suelos gestionados	Diferencia (%)	-28,4	-36,6	-24,3	-28,1	-16,5	-16,5	-15,2	-19,9
3.D.1. Emisiones directas de N_2O de suelos gestionados	**Efecto en total de subcategoría 3.D (%)**	**-19,1**	**-24,7**	**-16,2**	**-18,7**	**-10,8**	**-10,9**	**-9,8**	**-12,9**
3.D.1 Emisiones directas de N_2O de suelos gestionados	**Efecto en total neto de subcategoría 3.D (%)**	**-19,1**	**-24,7**	**-16,2**	**-18,7**	**-10,8**	**-10,9**	**-9,8**	**-12,9**
3.D.2. Emisiones indirectas de N_2O de suelos gestionados	BTR1	2.109,7	2.242,1	2.413,6	2.808,5	2.857,2	2.936,8	3.419,7	3.393,7
3.D.2. Emisiones indirectas de N_2O de suelos gestionados	BTR2	885,9	621,6	880,3	989,0	1.161,5	1.230,3	1.353,0	1.258,3
3.D.2. Emisiones indirectas de N_2O de suelos gestionados	Diferencia	-1.223,9	-1.620,6	-1.533,3	-1.819,6	-1.695,7	-1.706,4	-2.066,7	-2.135,4
3.D.2. Emisiones indirectas de N_2O de suelos gestionados	Diferencia (%)	-58,0	-72,3	-63,5	-64,8	-59,4	-58,1	-60,4	-62,9
3.D.2. Emisiones indirectas de N_2O de suelos gestionados	**Efecto en total de subcategoría 3.D (%)**	**-19,0**	**-23,6**	**-21,0**	**-21,8**	**-20,6**	**-19,6**	**-21,5**	**-22,2**
3.D.2. Emisiones indirectas de N_2O de suelos gestionados	**Efecto en total neto de subcategoría 3.D (%)**	**-19,0**	**-23,6**	**-21,0**	**-21,8**	**-20,6**	**-19,6**	**-21,5**	**-22,2**
3.D. Suelos agrícolas	BTR1	6.426,9	6.867,7	7.286,7	8.346,9	8.236,5	8.686,7	9.596,2	9.625,5
3.D. Suelos agrícolas	BTR2	3.978,8	3.553,5	4.571,7	4.969,8	5.653,6	6.032,5	6.590,7	6.248,8
3.D. Suelos agrícolas	Diferencia	-2.448,1	-3.314,3	-2.715,0	-3.377,1	-2.582,9	-2.654,2	-3.005,5	-3.376,7
3.D. Suelos agrícolas	Diferencia (%)	-38,1	-48,3	-37,3	-40,5	-31,4	-30,6	-31,3	-35,1
3.D. Suelos agrícolas	**Efecto en total de subcategoría 3 (%)**	**-6,2**	**-8,2**	**-6,4**	**-7,2**	**-5,4**	**-5,5**	**-5,1**	**-5,8**
3.D. Suelos agrícolas	**Efecto en total neto de subcategoría 3 (%)**	**-6,2**	**-8,2**	**-6,4**	**-7,2**	**-5,4**	**-5,5**	**-5,1**	**-5,8**
3. Agricultura	**BTR1**	**39.527,6**	**40.388,1**	**42.203,4**	**46.649,9**	**48.233,6**	**48.335,1**	**58.642,7**	**57.957,9**
3. Agricultura	**BTR2**	**40.175,9**	**41.412,8**	**40.771,6**	**42.919,9**	**44.818,5**	**45.895,5**	**56.187,1**	**55.163,3**
3. Agricultura	**Diferencia**	**648,4**	**1.024,7**	**-1.431,9**	**-3.730,0**	**-3.415,1**	**-2.439,6**	**-2.455,6**	**-2.794,5**
3. Agricultura	**Diferencia (%)**	**1,6**	**2,5**	**-3,4**	**-8,0**	**-7,1**	**-5,0**	**-4,2**	**-4,8**

Fuente: Elaboración propia.

5.5.7 Mejoras planeadas de la categoría

Entre las principales oportunidades de mejora se encuentran el fortalecimiento de las metodologías para estimar los datos de actividad asociados al consumo de fertilizantes inorgánicos, incorporando la información generada por IFAStat; FAOStat; CIAT-USAID, así como el desarrollo de factores de emisión de Nivel 2 para las emisiones de N_2O derivadas de la fertilización inorgánica que representen de manera más precisa las condiciones agroecológicas nacionales. Asimismo, se requiere mejorar la estimación del nitrógeno aportado por fertilizantes orgánicos mediante el refinamiento de las tasas de excreción en los sistemas de manejo de estiércol y en animales en pastoreo, utilizando balances de nitrógeno y datos específicos del país. De igual forma, es prioritario desarrollar factores de emisión nacionales para las emisiones de N_2O provenientes de la orina y el estiércol depositados por animales en pastoreo, considerando las diferencias regionales en las condiciones de producción. En cuanto a los suelos agrícolas, es necesario incrementar la integridad de las estimaciones mediante la incorporación de cultivos forrajeros y frutales en el cálculo de residuos de cultivos, mejorar la consistencia del reporte de las emisiones de N_2O asociadas a los procesos de mineralización e inmovilización del carbono orgánico del suelo entre las categorías del sector AFOLU y optimizar la desagregación de las áreas de suelos minerales entre tierras de cultivo y pastizales. Finalmente, resulta fundamental avanzar en el desarrollo de una metodología de Nivel 2 para la estimación de emisiones provenientes de suelos orgánicos, mejorar la resolución temporal y la desagregación por uso del suelo de los datos de actividad relacionados con el carbono orgánico del suelo y garantizar la integridad y consistencia del reporte de las emisiones de N_2O de histosoles, asegurando su correcta asignación a las subcategorías de tierras de cultivo y pastizales conforme a las directrices del IPCC.

A continuación, Tabla 5-53, se presenta el plan de mejora diseñado para esta subcategoría, orientado a fortalecer la calidad de los datos, reducir los niveles de incertidumbre y optimizar los procesos metodológicos en los próximos ciclos de reporte.

Tabla 5-53. Suelos agrícolas: Plan de mejora

Subcategoría	Actividad propuesta de mejora	Periodo	Actores	Priorización
3.D.1.a. Fertilizantes inorgánicos N	Establecer contacto con centros de investigación y expertos nacionales para ajustar la metodología de estimación relacionada con la fertilización inorgánica en las diferentes regiones	1990 - 2028	CIAT; Ideam; Centros de investigación; consulta de experto; ICA; FAO; MinAgricultura	BTR4 - 2030
	Analizar investigaciones sobre factores de emisión provenientes de fuentes de nitrógeno sintético y orgánico (tanto directas como indirectas) mediante revisiones de literatura de universidades, centros de investigación y asociaciones del sector	1990 - 2028	Ideam; Centros de investigación; consulta de experto	BTR4 - 2030
3.D.1.b. Fertilizantes orgánicos N	Articular con instituciones y expertos nacionales (ICA, DANE, Ministerio de Agricultura, UPRA, centros de investigación y asociaciones del sector) para desarrollar sistemas de información y metodologías que proporcionen referencias sobre flujos de nitrógeno, y desarrollar factores de emisión de N_2O de Nivel 2 (directos e indirectos) en sistemas de manejo de estiércol para mejorar las tasas de excreción y la estimación de fertilizantes orgánicos aplicados al suelo	1990 - 2028	Ideam; Centros de investigación; consulta de expertos; DANE; MinAgricultura; UPRA; Porkcolombia; FENAVI; Fedegán	BTR4 - 2030
3.D.1.c. Orina y estiércol depositados por animales en pastoreo	Optimizar las tasas de excreción mediante la elaboración de balances de nitrógeno que consideren las características productivas específicas del país para diversas especies, incluyendo variables como el peso corporal, la productividad y las ganancias de peso, con el fin de avanzar hacia una metodología de Nivel 2	1990 - 2026	Ideam; Centros de investigación	BTR3 - 2028

Subcategoría	Actividad propuesta de mejora	Periodo	Actores	Priorización
	Desarrollar factores de emisión nacionales de N_2O de Nivel 2 para excretas depositadas en suelos fuera de la región de la Orinoquía, basándose en estudios en curso (por ejemplo, CBIT–Fundación Natura), con el fin de mejorar la representatividad y apoyar futuras actualizaciones del inventario	1990 - 2028	Ideam; Fundación Natura	BTR4 - 2030
3.D.1.d. Residuos de cosecha	Incorporar la información de cultivos forrajeros y frutales en la estimación de residuos de cultivos	1990 - 2028	Agrosavia; MinAgricultura; Ideam; Comité de Información Técnico y Científico de CC	BTR4 - 2030
3.D.1.e. Mineralización /inmovilización asociada a pérdida/ganancia de materia orgánica del suelo	Reasignar las emisiones de N_2O por cambios en la materia orgánica del suelo, reportando las emisiones de tierras de cultivo y pastizales en la subcategoría 3.D.1.e (Agricultura), y las emisiones de suelos forestales en el sector UTCUTS (CRT 4), siguiendo las recomendaciones del TERT	1990 - 2028	Ideam; IGAC	BTR4 - 2030
	Identificar y cuantificar las áreas de suelos minerales en tierras de cultivo y pastizales para mejorar la desagregación de los datos de actividad	1990 - 2028	Ideam	BTR4 - 2030
3.D.1.f. Cultivo de suelos orgánicos (histosoles)	Establecer acuerdos interinstitucionales o colaboraciones con centros de investigación para desarrollar factores de emisión de N_2O específicos del país para suelos orgánicos gestionados que reflejen las condiciones edafoclimáticas nacionales	1990 - 2028	Ideam	BTR4 - 2030
	Reforzar la colaboración con entidades cartográficas nacionales (por ejemplo, IGAC, UPRA) para mejorar los conjuntos de datos espaciales, definir los requerimientos de mapeo e identificar las áreas de suelos orgánicos en tierras de cultivo y pastizales	1990 - 2028	Ideam; Centros de investigación; Universidades	BTR4 - 2030
	Desagregar las áreas de suelos orgánicos por categoría de uso del suelo y asegurar que únicamente las tierras de cultivo y pastizales se incluyan en la subcategoría 3.D.1.f, excluyendo las tierras forestales de acuerdo con las directrices del IPCC	1990 - 2028	Ideam; IGAC	BTR4 - 2030

Fuente: Elaboración propia.

5.6 Quema prescrita en sabanas (CRT 3.E)

Las emisiones derivadas de la quema prescrita de sabanas se reportan actualmente en el sector LULUCF, dentro de la categoría de quema de biomasa (4.IV) para tierras forestales y pastizales; por lo tanto, en las CRT del sector Agricultura (categoría 3.E) se utiliza la clave de anotación 'Incluido en otra parte' (IE). Si bien en el plan de mejoras del informe anterior ya se contemplaba trasladar la estimación analítica a su categoría correspondiente en Agricultura para lograr una clasificación más precisa y alineada con las exigencias del BTR, las fuentes de información actuales no permiten diferenciar si las quemas registradas corresponden a acciones prescritas en sabanas o a incendios esporádicos. Superar esta limitación en los datos de actividad garantizará una mejor estimación y una mayor coherencia en el inventario nacional.

5.6.1 Mejoras planeadas de la categoría

Determinar el origen y la naturaleza de los eventos reportados en la categoría de quema de biomasa (4.IV) para tierras forestales y pastizales, con el fin de desagregar las emisiones correspondientes a quemas prescritas en sabanas y proceder con su respectivo traslado al sector Agricultura

5.7 Quema de residuos agrícolas en el campo (CRT 3.F)

5.7.1 Descripción y tendencia de las emisiones y absorciones atmosféricas de la categoría

En esta categoría se estiman las emisiones GEI (CH_4 y N_2O) y contaminantes atmosféricos y de vida corta (NH_3; NOx; SO_2; CO; COVDM; CN; PM_{10} y $PM_{2.5}$) originadas por la quema de residuos agrícolas en el campo. Con base en la información disponible, el cálculo de estos compuestos se distribuyó en los cultivos clave del país: Maíz (3.F.1.c), Arroz (3.F.1.d.i), Caña de azúcar (3.F.4) y Otros cultivos (3.F.5). La estructura y subdivisión de la categoría 3.F. Quema de residuos agrícolas en el campo se detalla en el árbol sectorial correspondiente (Figura 5-36).

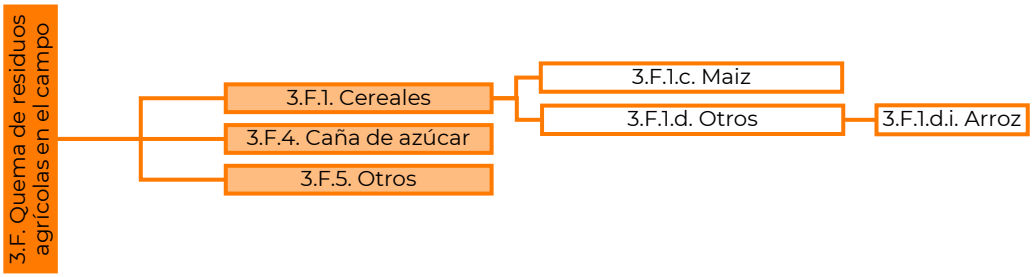


Figura 5-36. Sector Agricultura: Subcategorías estimadas en la categoría Quema de residuos agrícolas en el campo.

Fuente: Elaboración propia.

Para el periodo histórico de 1990 a 2024 (Tabla 5-54), las emisiones promedio de esta categoría se situaron en 174,5 kt CO_2eq. Al inicio de la serie, en 1990, las emisiones alcanzaron 146,6 kt CO_2eq y al final en 2014 fue 206,8 kt CO_2eq, lo que representa un incremento acumulado de 41 %, traduciéndose en una tasa de crecimiento anual compuesta de 1,3 % para dicho periodo de observación. Al extender el análisis hacia el cierre actual del inventario en 2024, las emisiones alcanzaron las 206,81 kt CO_2eq.

El comportamiento histórico no muestra una tendencia uniforme, exhibiendo variaciones interanuales ligadas a la producción agrícola. El pico máximo de la serie entre 1990 y 2024 se presentó en el año 2020 con 208,4 kt CO_2eq, mientras que el nivel más bajo se reportó al inicio del periodo, específicamente en 1991, con 145,97 kt CO_2eq (Figura 5-37).

A nivel de subcategorías, el análisis por tipo de residuo revela las siguientes dinámicas de contribución promedio para el periodo 1990-2024:

- 3.F.4. Caña de azúcar: Registró la mayor participación con diferencia (Tabla 5-54), aportando un promedio histórico de 147,9 kt CO_2eq, equivalente al 84,7 % de la categoría (Figura 5-37).
- 3.F.1.d.i. Arroz: Se consolidó como la segunda fuente sectorial (Tabla 5-54), con un promedio de 11,9 kt CO_2eq (6,8 %) (Figura 5-37).
- 3.F.5. Otros: Aportó un promedio de 10,4 kt CO_2eq (5,9 %) (Figura 5-37).
- 3.F.1.c. Maíz: Mostró la menor representatividad (Tabla 5-54), con un promedio histórico de 4,4 kt CO_2eq, correspondiente al 2,5 % del total de la quema de residuos (Figura 5-37).

El comportamiento general de la serie histórica estuvo determinado de manera predominante por las emisiones asociadas a los residuos de la caña de azúcar, cuya tendencia creciente marcó la pauta evolutiva del sector. En contraste, cultivos como el arroz y el maíz exhibieron comportamientos más estables y progresivos a lo largo de las décadas, mientras que la subcategoría de otros cultivos introdujo fluctuaciones puntuales debido a variaciones específicas en sus áreas cosechadas.

Tabla 5-54. Quema de residuos agrícolas en el campo: Emisiones de GEI por subcategoría (kt CO_2eq)

Subcategoría	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
3.F. Quema de residuos agrícolas en el campo	146,6	161,5	175,4	181,9	168,4	168,7	208,4	198,9	202,5	204,3	206,8
3.F.1.c. Maíz	4,5	3,7	3,9	4,8	3,6	4,5	5,4	5,1	4,6	4,8	4,2
3.F.1.d.i Arroz	11,0	8,9	11,0	10,8	11,0	11,8	17,5	16,2	16,2	16,1	16,9
3.F.4. Caña de azúcar	116,8	138,6	149,0	149,0	137,1	151,9	177,4	177,4	178,5	179,7	181,4
3.F.5. Otros	14,4	10,3	11,5	17,3	16,7	0,4	8,2	0,1	3,2	3,7	4,4

Fuente: Elaboración propia.

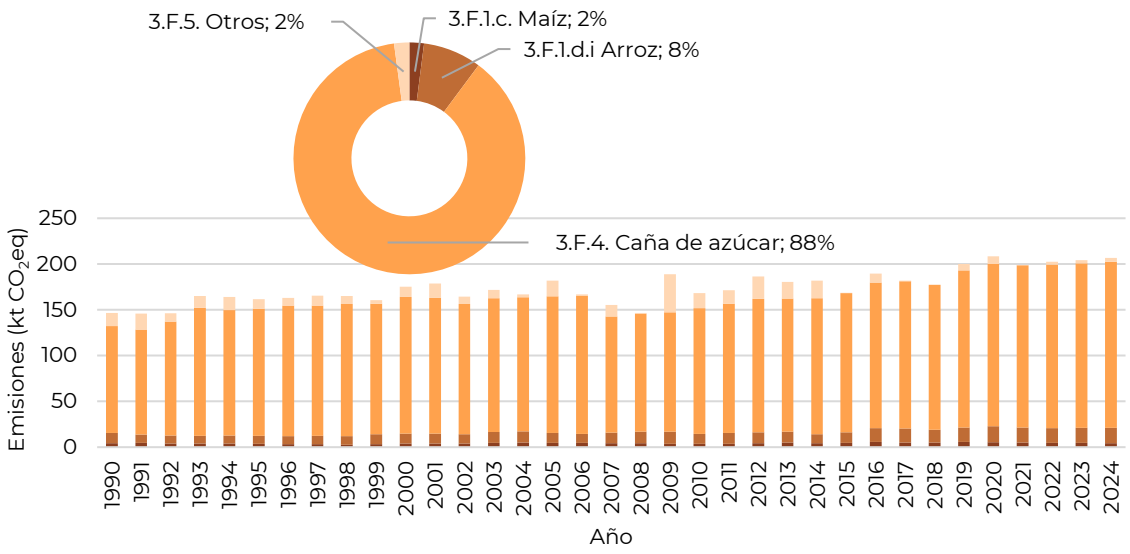


Figura 5-37. Quema de residuos agrícolas en el campo: Emisión de GEI por subcategoría (kt CO_2eq), 1990-2024 (barras) y aporte porcentual durante 2024 (anillo).

Fuente: Elaboración propia.

El análisis desagregado por vector de GEI devela una trayectoria de crecimiento sostenido caracterizada por una rigidez estructural e interanual absoluta en las participaciones porcentuales de cada gas (Figura 5-38). A lo largo de los 35 años evaluados, el CH_4 se consolida de forma invariable como el componente hegemónico de la subcategoría, absorbiendo de manera aproximadamente el 80,3 % del forzamiento radiativo total de la serie, mientras que el N_2O complementa la estructura con una participación minoritaria y sumamente estable del 19,7 % (Figura 5-38). Esta constancia matemática tan estricta en las proporciones temporales denota una dependencia directa y lineal de ambos gases frente a las áreas cosechadas.

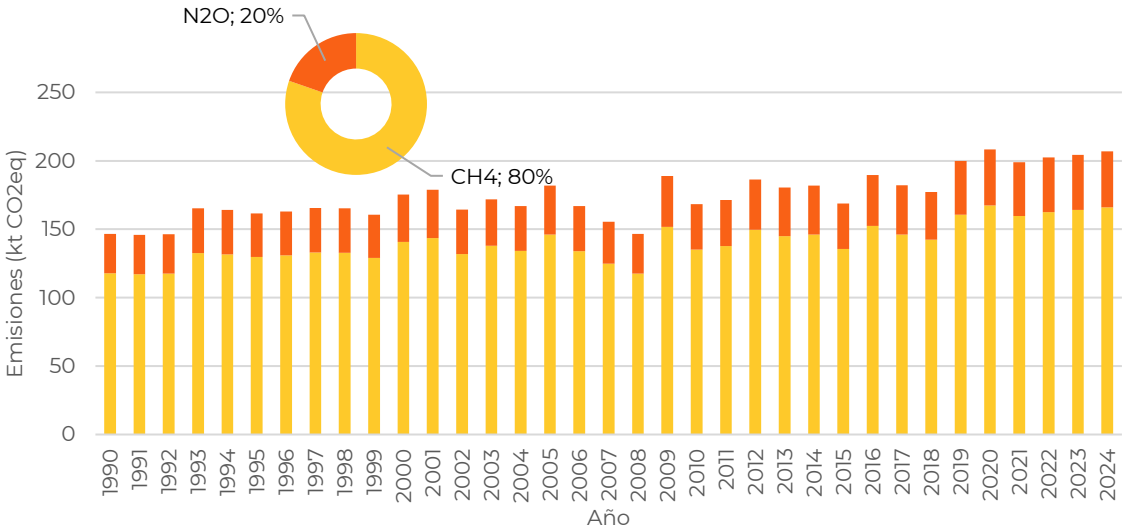


Figura 5-38. Quema de residuos agrícolas en el campo: Emisión por cada GEI (kt CO_2eq), 1990-2024 (barras) y aporte porcentual durante 2024 (anillo).

Fuente: Elaboración propia.

Las emisiones de CN+CC de la categoría 3.F. Quema de residuos agrícolas en el campo devela una trayectoria de crecimiento progresivo y una marcada rigidez estructural dominada de forma hegemónica por el sector de la caña de azúcar (Figura 5-39).

A nivel consolidado (Tabla 5-55; Figura 5-39), las emisiones de CO, el contaminante de mayor volumen en la serie, pasaron de 103,9 kt en 1990 a un pico histórico de 147,6 kt en el año 2020, estabilizándose hacia el cierre de 2024 en 146,5 kt; este comportamiento es replicado de manera idéntica y proporcional por PM_{10}; $PM_{2.5}$; NH_3 y los NOx. Al desagregar las subcategorías, 3.F.4. Caña de azúcar se consolida como el componente dominante del inventario al absorber de manera persistente entre el 79,6 % (1990) y el 87,7 % (2024) de la carga contaminante total, lo que significa que la tendencia nacional está ligada casi exclusivamente a la dinámica de este cultivo.

Por su parte (Tabla 5-55; Figura 5-39), la subcategoría de 3.F.1. Cereales exhibe un crecimiento uniforme y sostenido, duplicando prácticamente sus emisiones de material particulado fino ($PM_{2.5}$) al pasar de 0,89 kt en 1990 a un máximo de 1,31 kt en 2020, para luego mantenerse estable sobre las 1,21 kt en el trienio final (2022-2024). En contraste, la subcategoría 3.F.5. (Otros) introduce un alto nivel de volatilidad estadística e interanual en la serie; tras alcanzar un techo importante en el año 2005 (12,3 kt de CO y 1,05 kt de PM_{10}), sufrió contracciones drásticas y casi absolutas en los años 2015 y 2021, donde sus registros sectoriales cayeron prácticamente a cero debido a la reducción del área cosechada de esos cultivos específicos. Finalmente, la relación matemática entre los contaminantes emitidos expone una constancia metodológica estricta en todo el periodo de observación: el CO lidera los volúmenes de dispersión en el aire, seguido a gran escala por el NOx y el NH_3, mientras que en la fracción particulada, el $PM_{2.5}$ retiene sistemáticamente entre el 94 % y el 95 % de la masa total del particulado grueso (PM_{10}), confirmando que las variaciones históricas responden directamente a la escala de la actividad y al volumen de la biomasa agrícola quemada en el país, y no a modificaciones en los perfiles cinéticos de los factores de emisión aplicados.

Tabla 5-55. Quema de residuos agrícolas en el campo: Emisiones de CN+CC (kt), 1990-2024

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
3.F.1. Cereales	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
NH_3	0,39	0,32	0,38	0,40	0,37	0,42	0,58	0,54	0,53	0,53	0,54
NOx	0,38	0,31	0,37	0,38	0,36	0,40	0,56	0,52	0,51	0,51	0,51
SO_2	0,08	0,07	0,08	0,08	0,08	0,09	0,12	0,11	0,11	0,11	0,11
CO	10,94	8,88	10,59	11,07	10,34	11,59	16,17	15,12	14,73	14,84	14,91
COVDM	0,08	0,07	0,08	0,08	0,08	0,09	0,12	0,11	0,11	0,11	0,11
CN	0,08	0,07	0,08	0,08	0,08	0,09	0,12	0,11	0,11	0,11	0,11
PM_{10}	0,93	0,76	0,91	0,95	0,88	0,99	1,38	1,29	1,26	1,27	1,27
$PM_{2.5}$	0,89	0,72	0,86	0,90	0,84	0,94	1,31	1,22	1,19	1,20	1,21
3.F.4. Caña de azúcar	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
NH_3	2,98	3,53	3,80	3,80	3,50	3,87	4,52	4,52	4,55	4,58	4,62
NOx	2,85	3,39	3,64	3,64	3,35	3,71	4,33	4,33	4,36	4,39	4,43
SO_2	0,62	0,74	0,79	0,79	0,73	0,81	0,94	0,94	0,95	0,95	0,96
CO	82,75	98,22	105,54	105,55	97,15	107,63	125,65	125,70	126,45	127,32	128,49
COVDM	0,62	0,74	0,79	0,79	0,73	0,81	0,94	0,94	0,95	0,95	0,96
CN	0,62	0,74	0,79	0,79	0,73	0,81	0,94	0,94	0,95	0,95	0,96
PM_{10}	7,07	8,39	9,02	9,02	8,30	9,20	10,74	10,74	10,81	10,88	10,98
$PM_{2.5}$	6,70	7,95	8,54	8,55	7,87	8,71	10,17	10,18	10,24	10,31	10,40
3.F.5. Otros	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
NH_3	0,37	0,26	0,29	0,44	0,43	0,01	0,21	0,00	0,08	0,09	0,11
NOx	0,35	0,25	0,28	0,42	0,41	0,01	0,20	0,00	0,08	0,09	0,11
SO_2	0,08	0,05	0,06	0,09	0,09	0,00	0,04	0,00	0,02	0,02	0,02
CO	10,17	7,31	8,13	12,26	11,82	0,31	5,79	0,09	2,25	2,59	3,11
COVDM	0,08	0,05	0,06	0,09	0,09	0,00	0,04	0,00	0,02	0,02	0,02
CN	0,08	0,05	0,06	0,09	0,09	0,00	0,04	0,00	0,02	0,02	0,02
PM_{10}	0,87	0,62	0,70	1,05	1,01	0,03	0,49	0,01	0,19	0,22	0,27
$PM_{2.5}$	0,82	0,59	0,66	0,99	0,96	0,02	0,47	0,01	0,18	0,21	0,25
3.F. Quema de residuos agrícolas en el campo	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
NH_3	3,74	4,12	4,47	4,64	4,29	4,30	5,31	5,07	5,16	5,21	5,27
NOx	3,58	3,95	4,29	4,44	4,11	4,12	5,09	4,86	4,95	4,99	5,05
SO_2	0,78	0,86	0,93	0,97	0,89	0,90	1,11	1,06	1,08	1,09	1,10
CO	103,86	114,41	124,27	128,89	119,31	119,52	147,61	140,91	143,43	144,75	146,51
COVDM	0,78	0,86	0,93	0,97	0,89	0,90	1,11	1,06	1,08	1,09	1,10
CN	0,78	0,86	0,93	0,97	0,89	0,90	1,11	1,06	1,08	1,09	1,10
PM_{10}	8,88	9,78	10,62	11,01	10,20	10,21	12,61	12,04	12,26	12,37	12,52
$PM_{2.5}$	8,41	9,26	10,06	10,43	9,66	9,68	11,95	11,41	11,61	11,72	11,86

Fuente: Elaboración propia.

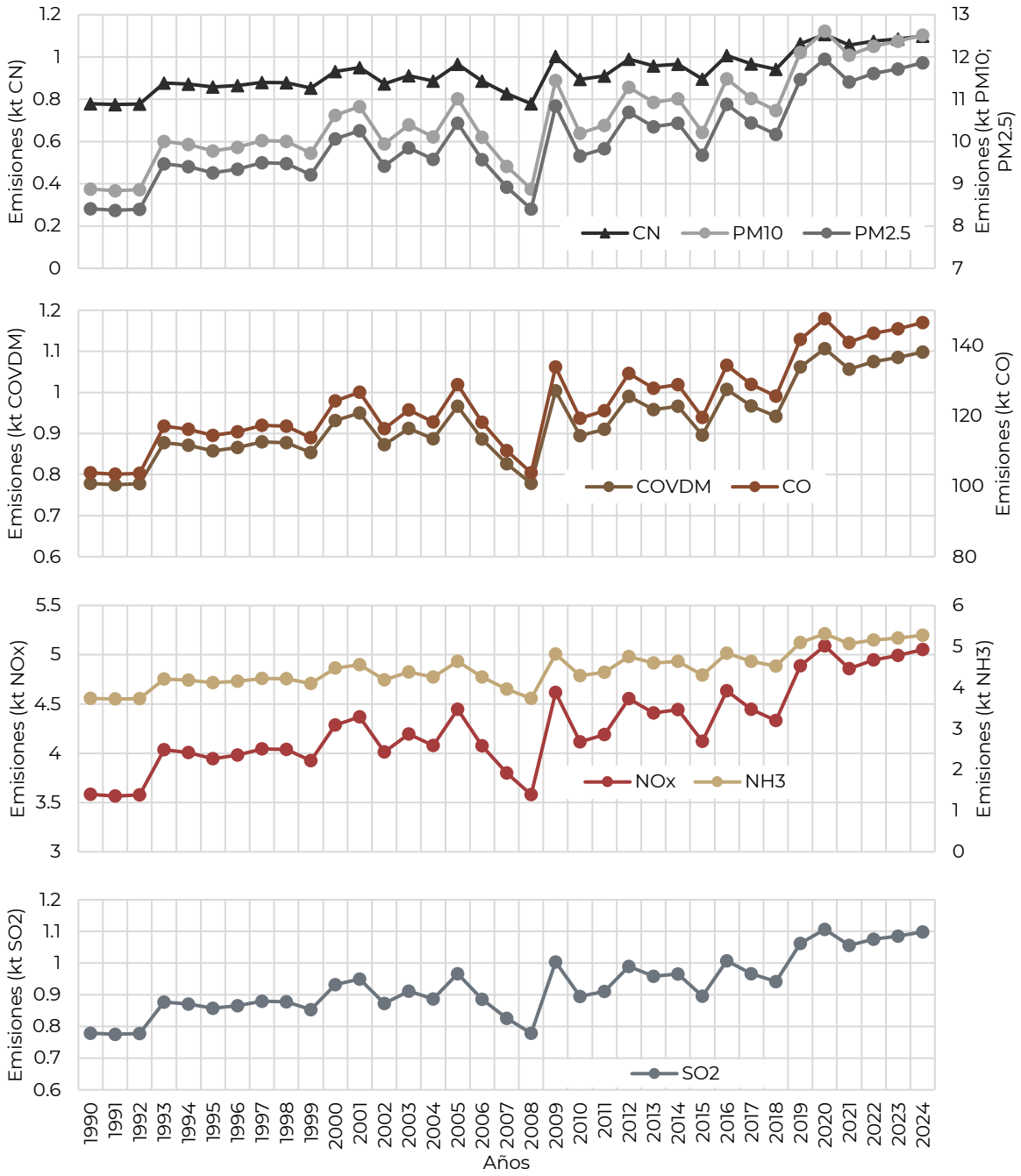


Figura 5-39. Quema de residuos agrícolas en el campo: emisiones totales de CN+CC (kt), 1990-2024.

Fuente: Elaboración propia.

5.7.2 Aspectos metodológicos de la categoría

La estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) derivadas de la quema de residuos agrícolas en el campo se desarrolló bajo el enfoque metodológico de Nivel 1 (factores por defecto), de acuerdo con las directrices del IPCC (Tabla 5-56). De igual manera, el cálculo de las emisiones de CN+CC se estructuró bajo el enfoque metodológico de Nivel 1 (factores por defecto) (Tabla 5-56), de conformidad con las guías metodológicas EMEP/EEA de 2023 (Webb et al., 2023).

Es importante mencionar que, en el BTR1, las emisiones de contaminantes CN+CC asociadas a la quema de residuos se presentaron únicamente de manera informativa dentro del capítulo de LULUCF, específicamente

bajo la subcategoría 4(IV). Esta asignación obedeció a que dicha sección está diseñada para el reporte de incendios forestales, los cuales no constituyen una práctica agrícola prescrita ni planificada.

Sin embargo, para el BTR2, con el objetivo de mejorar la consistencia y la asignación sectorial, estas emisiones fueron reubicadas y reportadas formalmente bajo la categoría 3.F. Quema de residuos agrícolas en el campo. Como resultado de esta reclasificación metodológica, los flujos de CN+CC derivados de esta actividad pasaron a ser contabilizados e integrados formalmente dentro de las cifras y balances nacionales de emisiones del país.

Tabla 5-56. Quema de residuos agrícolas en el campo: Aspectos metodológicos para la estimación de GEI y CN+CC

Subcategoría	Contaminante	Nivel (Tier)	No. Ecuación	Ecuación	Fuente
3.F. Quema de residuos agrícolas en el campo	CH_4 y N_2O	1	Ecuación 2.27	$L_{fuego} = \{A * M_B * C_f * G_{ef} * 10^{-3}\}$ Dónde: L_{fuego} = cantidad de emisiones GEI provocada por el fuego. t de cada GEI año^{-1}; A = superficie quemada (ha); M_B = masa de combustible disponible para la combustión (t ha^{-1}); C_f = factor de combustión; G_{ef} = factor de emisión (g kg^{-1} de materia seca quemada). valores por defecto del cuadro 2.5 y 2.6 de las Guías IPCC.	IPCC, 2006. V 4. Ch 2.
	NH_3; NOx; SO_2; CO; COVDM; CN; PM_{10} y $PM_{2.5}$	1	Ecuación 1	$E_{Contanimante} = AR_{residuo\ quemado} * EF_{contaminante}$ Dónde: $E_{contaminante}$ = emisión (E) del contaminante (kg); $AR_{residuo\ quemado}$ = tasa de actividad (AR), correspondiente a la masa de residuo quemado (kg de materia seca); $EF_{contaminante}$ = factor de emisión (EF) del contaminante (kg contaminante por kg^{-1} de materia seca).	EMEP/EEA, 2023. Part B, Ch 3.

Fuente: Elaboración propia.

5.7.2.1 Datos de actividad de la categoría

Para la categoría 3.F. Quema de residuos agrícolas en el campo, los datos de actividad corresponden a la superficie anual quemada, cuya cuantificación metodológica se estructuró de forma diferenciada según las subcategorías sectoriales (Tabla 5-57). En el caso de 3.F.1.c. Maíz y 3.F.1.d.i. Arroz, el área quemada se determinó multiplicando las estadísticas de área cosechada de las Evaluaciones Agropecuarias Municipales (EVA) por factores específicos de proporción de quema (3,74 % para maíz y 4,97 % para arroz), los cuales fueron definidos en el proyecto de la FAO Colombia e Ideam titulado "Hoja de ruta propuesta para la reducción de carbono negro (CN) por quemas abiertas en Colombia". De igual manera, para 3.F.4. Caña de azúcar, la superficie estimada se obtuvo al cruzar el área cosechada en la región del valle del río Cauca con un supuesto de proporción de quema del 32 %, establecido de acuerdo con la normativa ambiental vigente de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC). Debido a que los registros oficiales para estos cultivos cubren el horizonte temporal 2007-2024, el tramo histórico inicial (1990-2006) se reconstruyó mediante una técnica de empalme por superposición parcial utilizando las series temporales de la FAO (2026b) como variables proxy. Por último, las áreas quemadas de la subcategoría 3.F.5. (Otros) se extrajeron directamente de las cifras consolidadas en el módulo de incendios del Sistema Nacional de Información Forestal (SNIF); dado que esta base de datos abarca el periodo 2002-2024, el segmento restante de la serie (1990-2001) se ajustó mediante un modelo logarítmico desarrollado por el Ideam en 2018 que incorpora la incidencia de fenómenos hidroclimatológicos extremos de precipitación y sequía, consolidando así la totalidad de los datos de actividad que finalmente fueron reportados de manera oficial en las Tablas de Reporte Común (CRT) (Tabla 5-58).

Tabla 5-57. Quema de residuos agrícolas en el campo: Fuente de información de datos de actividad

Subcategoría	Dato de actividad	Periodo	Fuente	Observación
3.F.1. Cereales	Superficie anual (ha) incendiada de tierras de cultivo (Arroz y Maiz)	2007-2024	UPRA	La superficie anual incendiada para el periodo histórico de 1990 a 2006 se reconstruyó mediante la aplicación de una técnica de empalme por superposición parcial.

Subcategoría	Dato de actividad	Periodo	Fuente	Observación
3.F.4. Caña de azúcar	Superficie anual (ha) incendiada de tierras de cultivo	2007-2024	UPRA	La superficie anual incendiada para el periodo histórico de 1990 a 2006 se reconstruyó mediante la aplicación de una técnica de empalme por superposición parcial.
3.F.5. Otros	Superficie anual (ha) incendiada de tierras de cultivo	2002-2024	Ideam (SNIF)	La superficie anual incendiada entre el año 1990 a 2001 se ajustó a partir de un modelo logarítmico que tiene en cuenta los fenómenos extremos de precipitación y sequía (Ideam 2018).

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-58. Quema de residuos agrícolas en el campo: Datos de actividad (Área quemada (ha)) para las subcategorías 3.F.1. Cereales, 3.F.4. Caña de azúcar y 3.F5. Otros para GEI y CN+CC

Año	3.F.1.c. Maíz	3.F.1.d.i Arroz	3.F.4. Caña de azúcar	3.F.5. Otros
1.990	59.450,56	145.556,43	59.875,96	4.303,17
1.991	60.935,61	120.256,21	58.803,09	5.276,19
1.992	50.883,98	118.959,90	63.770,77	2.667,01
1.993	54.092,65	108.800,91	71.689,62	3.918,26
1.994	55.337,47	113.992,70	70.210,47	4.289,11
1.995	48.745,29	117.645,47	71.072,30	3.092,08
1.996	45.472,82	114.074,98	73.015,48	2.555,17
1.997	45.296,01	120.308,08	72.785,63	3.223,34
1.998	35.266,46	124.169,51	74.016,69	2.655,56
1.999	44.239,61	142.132,25	73.072,84	1.219,96
2.000	52.304,23	146.180,04	76.367,46	3.440,10
2.001	51.977,07	142.714,64	76.134,79	4.693,79
2.002	53.702,83	134.190,68	72.917,29	2.085,80
2.003	61.911,67	156.681,53	74.966,17	2.838,90
2.004	66.476,72	162.360,47	75.144,30	976,33
2.005	64.378,12	143.162,01	76.376,49	4.072,33
2.006	63.292,98	129.852,81	77.128,85	544,66
2.007	57.241,68	152.254,26	65.150,08	3.173,96
2.008	55.619,97	170.186,46	66.156,16	152,54
2.009	50.406,25	175.263,64	66.760,32	11.984,05
2.010	47.829,65	145.901,50	70.297,92	5.079,35
2.011	50.551,77	153.462,54	72.461,76	4.567,20
2.012	59.683,92	156.844,22	74.741,44	6.210,99
2.013	67.692,32	156.252,22	74.469,76	4.885,74
2.014	58.169,38	129.924,90	76.142,53	5.875,82
2.015	60.100,93	157.079,41	77.878,27	110,91
2.016	76.271,42	198.094,23	81.585,25	2.365,85
2.017	68.457,40	201.127,49	82.501,12	251,47
2.018	69.053,26	183.476,99	81.130,81	-
2.019	76.776,60	206.543,37	88.099,81	2.138,05
2.020	71.279,96	231.830,90	90.917,48	2.361,36
2.021	68.170,30	215.210,77	90.950,00	41,14
2.022	61.566,14	214.541,29	91.493,51	958,40
2.023	64.320,21	213.811,94	92.128,01	1.099,79
2.024	55.658,17	223.726,13	92.974,90	1.319,75

Fuente: Elaboración propia.

5.7.2.2 Factores de emisión aplicados en la categoría

Para el cálculo de las emisiones por quema de biomasa se aplican, de manera general, los factores de emisión por defecto consignados en las directrices del IPCC (para el caso de los GEI) y en las guías de la EMEP/EEA (para el inventario de CN+CC) (Tabla 5-59). Las únicas excepciones a esta regla corresponden a los supuestos desarrollados para estimar la proporción de área quemada en las subcategorías 3.F.1.c. Maíz, 3.F.1.d.i. Arroz y 3.F.4. Caña de azúcar, así como a los parámetros de densidad de biomasa aplicados a la categoría 3.F.5. Otros, los cuales fueron adoptados a partir de los resultados y metodologías del estudio de (Duque Montoya et al., 2011).

Tabla 5-59. Quema de residuos agrícolas en el campo: Factores de emisión aplicados por subcategoría de GEI y CN+CC

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad	Observación
3.F.1.c. Maíz	FAO Colombia, Ideam		CS		0,0374		Fracción del área quemada
3.F.1.c. Maíz	IPCC, 2006		D		0,87	t ha-1	Fracción de materia seca del producto cosechado, equivalente al MB
3.F.1.d.i. Arroz	FAO Colombia, Ideam		CS		0,0497		Fracción del área quemada
3.F.1.d.i. Arroz	IPCC, 2006		D		0,89	t ha-1	Fracción de materia seca del producto cosechado, equivalente al MB
3.F.4. Caña de azúcar	Ideam		CS		0,32		Fracción del área quemada
3.F.4. Caña de azúcar	IPCC, 2006	1	D		25,9	t ha-1	Fracción de materia seca del producto cosechado, equivalente al MB
3.F.5. (Otros)	Ideam	1C	D		57,8		Masa de biomasa disponible (MB)
3.F.5. (Otros)	Ideam	1C	D		39,2		Masa de biomasa disponible (MB)
3.F. Quema de residuos agrícolas en el campo	IPCC, 2006	1	D		0,8		Factor de combustión (Cf)
	IPCC, 2006	1		N_2O	0,07	g contaminante kg materia seca	
	IPCC, 2006	1		CH_4	2,7	g contaminante kg materia seca	
	EMEP/EEA, 2023	1		NOx	2,3	g contaminante kg materia seca	
	EMEP/EEA, 2023	1		NH_3	2,4	g contaminante kg materia seca	
	EMEP/EEA, 2023	1		SO_2	0,5	g contaminante kg materia seca	
	EMEP/EEA, 2023	1		CO	66,7	g contaminante kg materia seca	
	EMEP/EEA, 2023	1		COVDM	0,5	g contaminante kg materia seca	
	EMEP/EEA, 2023	1		CN	0,5	g contaminante kg materia seca	
	EMEP/EEA, 2023	1		PM_{10}	5,7	g contaminant	

						e kg materia seca	
	EMEP/EEA, 2023	1		PM 2.5	5,4	g contaminante kg materia seca	

Fuente: Elaboración propia.

5.7.3 Descripción de flexibilidad aplicada en la categoría

Para la categoría de Quema de residuos agrícolas en el campo (3.F), Colombia no se acoge a ninguna de las disposiciones de flexibilidad contempladas en el marco internacional. El país ha generado estimaciones completas y consistentes que cubren la totalidad de la serie temporal (1990–2024)

5.7.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría

Tabla 5-60. Resultados de incertidumbre (%) por propagación del error para 3.F. Quema de residuos agrícolas en campo.

Subcategoría	Cont	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
3.F. Quema de residuos agrícolas en el campo	Todos	28,0	29,9	29,6	28,7	26,5	29,0	27,5	28,8	28,4	28,4	28,3
3.F. Quema de residuos agrícolas en el campo	CH4	33,9	36,2	35,9	34,7	32,0	35,1	33,3	34,8	34,4	34,3	34,2
3.F. Quema de residuos agrícolas en el campo	N2O	33,9	36,2	35,8	34,7	32,0	35,1	33,3	34,8	34,4	34,3	34,3
3.F.1. Cereals	Todos	29,5	29,4	30,0	29,1	25,4	24,6	25,5	25,3	25,7	25,5	26,3
3.F.1. Cereals	CH4	35,7	35,6	36,3	35,2	30,3	29,4	30,4	30,3	30,7	30,5	31,4
3.F.1. Cereals	N2O	35,7	35,6	36,3	35,2	36,1	34,9	36,3	36,2	36,8	36,5	37,7
3.F.1.c. Maíz	Todos	40,4	40,4	40,4	40,4	33,1	31,0	31,0	31,0	31,0	31,0	31,0
3.F.1.c. Maíz	CH4	48,8	48,8	48,8	48,8	40,0	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5
3.F.1.c. Maíz	N2O	48,8	48,8	48,8	48,8	40,0	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5
3.F.1.d.i Arroz	Todos	38,1	38,1	38,1	38,1	31,9	31,9	31,9	31,9	31,9	31,9	31,9
3.F.1.d.i Arroz	CH4	46,1	46,1	46,1	46,1	38,1	38,1	38,1	38,1	38,1	38,1	38,1
3.F.1.d.i Arroz	N2O	46,1	46,1	46,1	46,1	46,1	46,1	46,1	46,1	46,1	46,1	46,1
3.F.4. Caña de azúcar	Todos	34,6	34,6	34,6	34,6	32,1	32,1	32,1	32,1	32,1	32,1	32,1
3.F.4. Caña de azúcar	CH4	41,9	41,9	41,9	41,9	38,8	38,8	38,8	38,8	38,8	38,8	38,8
3.F.4. Caña de azúcar	N2O	41,9	41,9	41,9	41,9	38,8	38,8	38,8	38,8	38,8	38,8	38,8
3.F.5. Otros	Todos	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5
3.F.5. Otros	CH4	45,6	45,6	45,6	45,6	45,6	45,6	45,6	45,6	45,6	45,6	45,6
3.F.5. Otros	N2O	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 5-60 se presentan los resultados de incertidumbre para la categoría 3.F. Quema de residuos agrícolas en el campo en los años seleccionados del periodo 1990-2024. Para los años analizados, la incertidumbre promedio fue de ±28,46 %.

En 1990, la incertidumbre fue de ±28,02 %, mientras que en 2024 alcanzó ±28,28 %, lo que representa un aumento relativo del 0,92 %, equivalente a 0,26 puntos porcentuales. En términos generales, la incertidumbre

permaneció estable durante el periodo, con valores entre aproximadamente ±26,5 % y ±29,9 %. El valor más alto entre los años seleccionados se registró en 1995 y el más bajo en 2010.

Por tipo de GEI, el CH_4 y el N_2O presentaron incertidumbres promedio de ±34,42 % y ±34,45 %, respectivamente. En 2024, la incertidumbre del CH_4 fue de ±34,20 %, mientras que la del N_2O alcanzó ±34,27 %. Ambos gases muestran comportamientos prácticamente equivalentes debido a que sus estimaciones comparten los mismos datos de actividad asociados a la cantidad de residuos agrícolas quemados.

Para 3.F.1. Cereales, la incertidumbre disminuyó de ±29,48 % en 1990 a ±26,28 % en 2024, lo que representa una reducción relativa del 10,86 %. En 2024, las incertidumbres del CH_4 y el N_2O fueron de ±31,40 % y ±37,66 %, respectivamente.

Entre los cultivos de cereales, la incertidumbre agregada del maíz disminuyó de ±40,35 % en 1990 a ±31,02 % en 2024, mientras que la correspondiente al arroz pasó de ±38,11 % a ±31,90 %. Para el maíz, las incertidumbres del CH_4 y el N_2O fueron de ±37,52 % en 2024. En el caso del arroz, el CH_4 presentó una incertidumbre de ±38,08 % y el N_2O de ±46,10 %.

La quema de residuos de caña de azúcar presentó una incertidumbre de ±32,09 % en 2024, inferior al valor de ±34,65 % registrado en 1990. Las incertidumbres del CH_4 y el N_2O fueron iguales, con ±38,81 % en el último año analizado.

Por su parte, la subcategoría 3.F.5. Otros presentó la mayor incertidumbre agregada en 2024, con ±37,55 %, valor que permaneció constante durante todo el periodo. Para esta subcategoría, las incertidumbres del CH_4 y el N_2O fueron de ±45,55 % y ±43,01 %, respectivamente.

5.7.5 AC/CC de la categoría

De manera adicional a las actividades transversales de control y aseguramiento de calidad aplicadas a la totalidad del inventario, para las categorías del sector Agricultura se implementaron los siguientes procedimientos específicos, orientados a garantizar la calidad y la coherencia de los resultados reportados:

- Integridad de las bases de datos: Se verificó la integridad y consistencia de las bases de datos B0, B2, F2 y SectorCal, consolidadas conforme a la estructura estandarizada del inventario para la totalidad de las subcategorías del sector estimadas en el presente ciclo de reporte, garantizando que los datos de actividad y demás parámetros utilizados en el cálculo se ajustaran a los formatos definidos y estuvieran debidamente documentados.
- Homogenización de series históricas: Para determinadas categorías del sector, en las que se identificaron cambios en las fuentes de información, en las metodologías de captura o en la desagregación de los datos de actividad a lo largo del tiempo, se aplicaron procedimientos de homogenización orientados a garantizar la coherencia y la consistencia metodológica de la serie histórica utilizada en la estimación de emisiones.
- Comparación con ciclos anteriores del inventario: Se compararon los resultados de emisiones obtenidos en el presente ciclo con los reportados en los ciclos anteriores del inventario, a nivel de subcategoría y de serie histórica, con el fin de identificar variaciones significativas y justificar técnicamente su origen, ya sea que respondan a cambios metodológicos, a la actualización de datos de actividad, o a otras causas identificadas durante el proceso de revisión.
- Articulación con actores del sector: Dada la naturaleza de las fuentes agropecuarias que integran esta categoría, la estimación de emisiones se desarrolló en estrecha articulación con las entidades del sector agropecuario asociadas a los distintos sistemas productivos cubiertos, con el fin de contrastar la información de actividad utilizada y validar la coherencia de los resultados frente al conocimiento técnico de las prácticas productivas representadas.
- Socialización y divulgación de resultados: Los resultados de emisiones del sector fueron socializados con los actores técnicos del sector, tanto institucionales como gremiales, en espacios de divulgación orientados al fortalecimiento de capacidades y a la identificación conjunta de opciones de mejora, así como a la retroalimentación de las estimaciones presentadas en el marco del presente ciclo de reporte.

5.7.6 Nuevos cálculos de la categoría

Al contrastar los extremos de la serie temporal común, las emisiones reportadas en el BTR2 presentan una disminución del 26,1 % para el primer año histórico (1990) y del 58,4 % para el último año reportado en el BTR1 (2021), pasando de 198,38 kt CO_2eq a 146,61 kt CO_2eq en el primer caso y de 477,56 kt CO_2eq a 198,90 kt CO_2eq en el segundo (Tabla 5-61). A lo largo de todo el período analizado se observa una discrepancia sistemática entre ambas series, ya que la reconstrucción realizada para el BTR2 se mantiene consistentemente por debajo de las estimaciones publicadas en el BTR1 para todos los años evaluados. Mientras que el reporte anterior estimaba emisiones comprendidas principalmente entre 198,38 y 491,26 kt CO_2eq, la actualización metodológica implementada en el BTR2 redujo y estabilizó la serie histórica dentro de un intervalo considerablemente menor, entre 145,97 y 208,36 kt CO_2eq.

Esta diferencia podría atribuirse a los cambios introducidos en la metodología de estimación. En el BTR1, las emisiones derivadas de la quema de residuos agrícolas se estimaban utilizando información agregada que se reportaba junto con las emisiones provenientes de la quema de pastizales dentro de la categoría 4(IV) Quemas de biomasa. En contraste, el BTR2 implementó una desagregación de los datos de actividad y una revisión de los supuestos metodológicos para estimar las áreas quemadas en los diferentes sistemas productivos agrícolas. Como resultado, las estimaciones consideran exclusivamente las quemas asociadas a las áreas cultivadas, mientras que las emisiones provenientes de la quema de pastizales continúan reportándose de manera independiente en las categorías correspondientes al sector LULUCF, evitando así una posible sobreestimación de las emisiones atribuidas a la agricultura.

Finalmente, la comparación temporal evidencia que las modificaciones metodológicas introducidas en el BTR2 modificaron sustancialmente el comportamiento histórico de la serie. Mientras que el BTR1 mostraba una tendencia creciente, con un incremento acumulado superior al 140 % entre 1990 y 2021, el BTR2 presenta una trayectoria considerablemente más estable, con variaciones que reflejan de manera más consistente los cambios en las áreas sometidas a quema prescrita y en las prácticas de manejo de los residuos agrícolas (Figura 5-40). Bajo esta metodología, la serie fue extendida hasta 2024, alcanzando un valor de 206,81 kt CO_2eq.

Tabla 5-61. Quema de residuos agrícolas en el campo: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2) (kt CO_2eq)

Subcategoría	Reporte	1.990	1.995	2.000	2.005	2.010	2.015	2.020	2.021
3.F. Quema de residuos agrícolas en el campo	BTR1	198,4	231,5	283,2	330,7	404,6	409,2	491,3	477,6
3.F. Quema de residuos agrícolas en el campo	BTR2	146,6	161,5	175,4	181,9	168,4	168,7	208,4	198,9
3.F. Quema de residuos agrícolas en el campo	Diferencia	-51,8	-70,0	-107,8	-148,8	-236,2	-240,4	-282,9	-278,7
3.F. Quema de residuos agrícolas en el campo	Diferencia (%)	-26,1	-30,2	-38,1	-45,0	-58,4	-58,8	-57,6	-58,4
3.F. Quema de residuos agrícolas en el campo	**Efecto en total de subcategoría 3 (%)**	**-0,1**	**-0,2**	**-0,3**	**-0,3**	**-0,5**	**-0,5**	**-0,5**	**-0,5**
3.F. Quema de residuos agrícolas en el campo	**Efecto en total neto de subcategoría 3 (%)**	**-0,1**	**-0,2**	**-0,3**	**-0,3**	**-0,5**	**-0,5**	**-0,5**	**-0,5**
3. Agricultura	**BTR1**	**39.527,6**	**40.388,1**	**42.203,4**	**46.649,9**	**48.233,6**	**48.335,1**	**58.642,7**	**57.957,9**
3. Agricultura	**BTR2**	**40.175,9**	**41.412,8**	**40.771,6**	**42.919,9**	**44.818,5**	**45.895,5**	**56.187,1**	**55.163,3**
3. Agricultura	**Diferencia**	**648,4**	**1.024,7**	**-1.431,9**	**-3.730,0**	**-3.415,1**	**-2.439,6**	**-2.455,6**	**-2.794,5**
3. Agricultura	**Diferencia (%)**	**1,6**	**2,5**	**-3,4**	**-8,0**	**-7,1**	**-5,0**	**-4,2**	**-4,8**

Fuente: Elaboración propia.

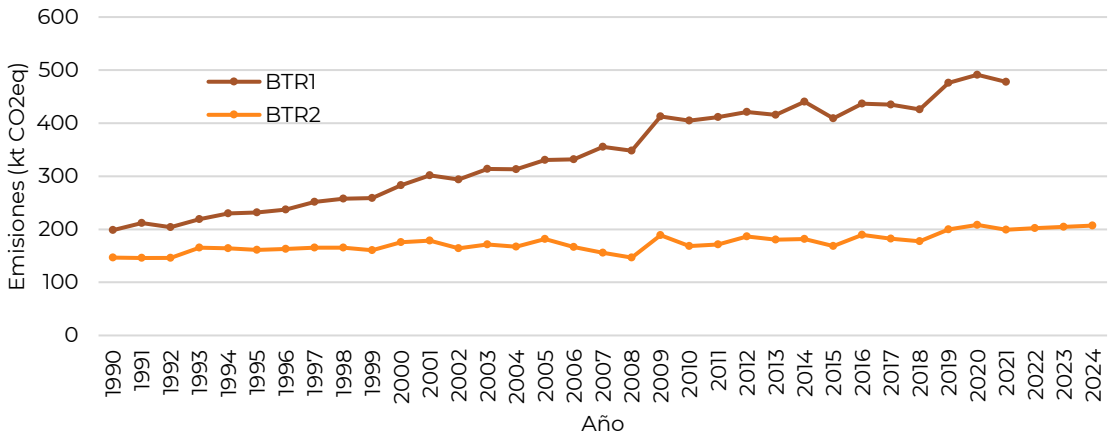


Figura 5-40. Quema de residuos agrícolas en el campo: Recálculos de GEI (kt CO_2eq), 1990-2024.

Fuente: Elaboración propia.

5.7.7 Mejoras planeadas de la categoría

A continuación (Tabla 5-62), se presenta el plan de mejora diseñado para esta subcategoría, orientado a fortalecer la calidad de los datos, reducir los niveles de incertidumbre y optimizar los procesos metodológicos en los próximos ciclos de reporte.

Tabla 5-62. Quema de residuos agrícolas en el campo: Plan de mejora

Subcategoría	Actividad propuesta de mejora	Periodo	Actores	Priorización
3.F. Quema de residuos agrícolas en el campo	Fortalecer los arreglos institucionales y la coordinación con las entidades que reportan al SNIF para incluir datos desagregados por tipo de cultivo	1990 - 2026	Idea m	BTR3 - 2028
	Revisar el supuesto de área quemada en cultivos de caña de azúcar con base en estudios de la academia u otras entidades y reportar estas emisiones en el sector Agricultura bajo la subcategoría 3.F.	1990 - 2026	Idea m	BTR3 - 2028

Fuente: Elaboración propia.

5.8 Encalado (CRT 3.G)

5.8.1 Descripción y tendencia de las emisiones y absorciones atmosféricas de la categoría

En esta categoría se estimó, únicamente, las emisiones de CO_2 derivadas de la aplicación de cal al suelo, específicamente dolomita (3.G.2. Dolomita $CaMg(CO_3)_2$). Este compuesto es una enmienda edáfica muy popular en las regiones tropicales. Los suelos tropicales, en general, suelen presentar pH ácido, baja saturación de bases y, con frecuencia, bajos contenidos de materia orgánica, sobre todo cuando son altamente meteorizados y lixiviados, esta situación facilita la solubilidad de elementos tóxicos para las plantas como el Aluminio (Al^{3+}) y la fijación de nutrientes esenciales como Fosforo (P) (Basak et al., 2022; Fujii et al., 2018). En Colombia, la situación de la acidez en los suelos es más aguda en regiones como la Orinoquia o la Amazonia, los suelos de esta región se caracterizan por niveles bajos de pH, altos contenido de Aluminio (Al^{3+}) y óxidos de Hierro (Fe^{2+} y Fe^{3+}). Por consiguiente, la aplicación de dolomita al suelo en estas regiones es más frecuente. La aplicación de esta enmienda aporta carbonatos de Calcio y Magnesio ($CaMg(CO_3)_2$). Los iones carbonato (CO^{2-}_3) neutralizan los protones de Hidrogeno (H+), responsables de la acidez, precipitan el aluminio en formas no asimilables y solubiliza nutrientes clave como el Fosforo (P). Además, aporta Calcio y Magnesio que son nutrientes esenciales de las plantas.

El total de la emisión de la categoría 3.G. dependen de la subcategoría 3.G.2. Dolomita $CaMg(CO_3)_2$. Durante 2024, la emisión es de CO_2 asociadas a la aplicación de dolomita (3.G.2) fue 62,8 CO_2eq, esta emisión representó el 0,1 % de las emisiones totales del sector agricultura del mismo año (58.033,4 kt CO_2eq). La aplicación de cal (3.G) es una de las tres categorías cuyo aporte a las emisiones del sector es menor al 1 % (Tabla 5-63).

Las emisiones asociadas a la aplicación de dolomita pasaron de 2,3 kt CO_2eq en 1990 a 62,8 kt CO_2eq en 2024, lo cual representa un incremento del 2.630,2 %. Al comparar la emisión del sector correspondiente al último año reportado en el anterior BTR (54 kt CO_2eq) con la de 2024 (62,8 kt CO_2eq), se observa un incremento aproximado del 16,4 %. A lo largo del período analizado, el promedio anual de emisiones fue de 25,1 kt CO_2eq con una tasa media de crecimiento anual del 38,6 %.

El comportamiento de las emisiones muestra una tendencia creciente a lo largo de la serie histórica (Figura 5-41). La mayor emisión se registró en el último año del inventario, este resultado se atribuye al incremento progresivo en la aplicación de cal dolomita en las áreas sembradas con suelos ácidos en Colombia para los principales cultivos del país. Los volúmenes más altos de emisión están asociados, en su mayoría, a la incorporación de esta enmienda en los cultivos de café y arroz, los cuales se consolidan como sectores de alto potencial productivo debido a sus procesos de expansión y tecnificación.

Tabla 5-63. Encalado: Emisiones totales de GEI por subcategoría (kt CO_2eq)

Subcategoría	1.990	1.995	2.000	2.005	2.010	2.015	2.020	2.021	2.022	2.023	2.024
3.G.2. Dolomita $CaMg(CO_3)_2$	2,3	2,4	1,4	13,3	23,8	39,5	50,3	60,9	60,3	61,7	62,8

Fuente: Elaboración propia.

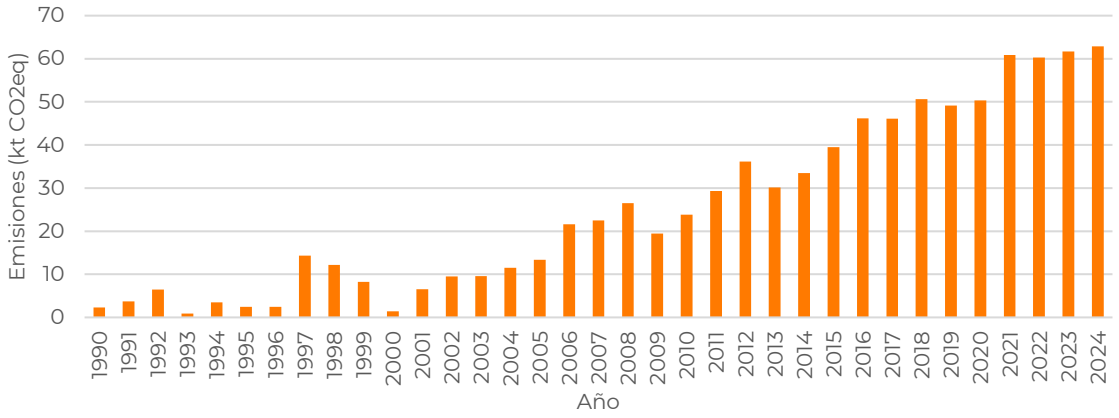


Figura 5-41. Encalado: Emisión de GEI por subcategoría (kt CO_2eq), 1990-2024.

Fuente: Elaboración propia.

5.8.2 Aspectos metodológicos de la categoría

La estimación de las emisiones derivadas de la aplicación de cal dolomita en los suelos agrícolas se desarrolló bajo el enfoque metodológico de Nivel 1 (factores por defecto), de acuerdo con la ecuación 11.12 (Tabla 5-64).

Tabla 5-64. Encalado: Aspectos metodológicos para la estimación de GEI

Subcategoría	Contaminante	Nivel (Tier)	No. Ecuación	Ecuación	Fuente
3.G.2. Dolomita $CaMg(CO_3)_2$	CO_2	1	Ecuación 11.12.	$CO_2\ Emission = Cal_{dolomita} * EF * \left(\frac{44}{12}\right)$ Dónde: CO_2-C Emisión = emisiones anuales de C por aplicación de dolomita, toneladas CO_2 año^{-1}; $Cal_{dolomita}$ = Cantidad anual de dolomita aplicada, toneladas dolomita por año; EF = factor de emisión, tonelada de C (t de dolomita)$^{-1}$. 44/12 = relación estequiométrica entre C y CO_2.	IPCC, 2019. V 4. Ch 11.

Fuente: Elaboración propia.

Debido a que esta información detallada no se encuentra disponible a nivel nacional, se implementó una consulta nacional con expertos del sector agropecuario. Este proceso permitió subsanar la brecha de información y estructurar una aproximación de los datos con base en los requerimientos de los principales cultivos que reciben esta enmienda en las diferentes regiones naturales del país.

5.8.2.1 Datos de actividad de la categoría

La estimación de la cantidad de cal dolomita aplicada en los suelos agrícolas se realizó a nivel municipal (Tabla 5-65). Para ello, se tomaron como base las áreas sembradas reportadas en las evaluaciones agropecuarias municipales. Complementariamente, se recopilaron indicadores sobre la dosificación de cal dolomita por hectárea para el periodo histórico de 1990 a 2024 en los cultivos más representativos del país, mediante una consulta nacional a expertos agropecuarios (cuya metodología metodológica detallada se describe en la categoría 3.D.1).

Tabla 5-65. Encalado: Fuente de información de datos de actividad

Subcategoría	Dato de actividad	Periodo	Fuente	Comentarios
3.G.2. Dolomita $CaMg(CO_3)_2$	Cantidad de cal dolomita aplicada	1990-2024	Evaluaciones agropecuarias municipales.	A partir de la encuesta a expertos, se recopilaron indicadores de aplicación de cal dolomita y se multiplicaron por la proporción de hectáreas sembradas a las que se les aplica el insumo.

Fuente: Elaboración propia.

Con el propósito de consolidar el dato de actividad municipal, la información estimada se ajustó mediante un indicador indirecto (proxy), garantizando así su coherencia y alineación con el reporte consumo nacional cal dolomita publicado en la Encuesta Anual Manufacturera del DANE (Anexo 5.3. Encuesta expertos para aplicación de Cal Dolomita (3.G.2.)). Las cifras de los datos de actividad se reportaron en la CRT (Tabla 5-66).

Tabla 5-66. Encalado: Datos de actividad (Cantidad de cal dolomita (ton)) para las subcategorías 3.G.2. Dolomita para GEI y CN+CC

Año	3.G.2. Dolomita $CaMg(CO_3)_2$	Año	3.G.2. Dolomita $CaMg(CO_3)_2$
1.990	4.828,9	2.007	47.233,3
1.991	7.750,1	2.008	55.622,8
1.992	13.599,0	2.009	40.731,4
1.993	1.796,0	2.010	50.032,5
1.994	7.262,7	2.011	61.510,7
1.995	5.098,7	2.012	75.841,1
1.996	5.154,5	2.013	63.163,7
1.997	30.014,4	2.014	70.195,3
1.998	25.496,2	2.015	82.869,5
1.999	17.254,3	2.016	96.791,5
2.000	2.942,1	2.017	96.668,1
2.001	13.657,3	2.018	106.145,1
2.002	19.881,5	2.019	103.120,6
2.003	20.098,9	2.020	105.539,3
2.004	24.091,4	2.021	127.734,3
2.005	27.958,4	2.022	126.524,3
2.006	45.348,2	2.023	129.448,1
		2.024	131.839,2

Fuente: Elaboración propia.

5.8.2.2 Factores de emisión aplicados en la categoría

El factor de emisión empleado para estimar las emisiones de CO_2 derivadas de la aplicación de cal dolomita en suelos agrícolas corresponde al valor por defecto establecido en las directrices del IPCC para la región (Tabla 5-67).

Tabla 5-67. Encalado: Factores de emisión aplicados por subcategoría para GEI

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad
3.G.2. Dolomita $CaMg(CO_3)_2$	IPCC (2006); V4, Ch11.	1	D	CO_2	0,13	t C (t dolomita)$^{-1}$

Fuente: Elaboración propia.

A través de la consulta a expertos, se indagó sobre los principales cultivos receptores de cal en cada departamento o región, las dosis aplicadas y la proporción del área sembrada tratada con esta enmienda. El proceso contó con la participación de 123 expertos, de los cuales 68 alcanzaron un nivel de competencia alto; entre estos últimos, el 57,2 % disponía de conocimiento específico sobre los volúmenes de cal dolomita aplicados por cultivo y región para cada década del periodo analizado.

Para consolidar el dato de actividad final a nivel municipal, los parámetros obtenidos de la consulta se integraron con las estadísticas de áreas sembradas de los cultivos priorizados y las proporciones de suelo tratado.

5.8.3 Descripción de flexibilidad aplicada en la categoría

Para la categoría de Encalado (3.G), Colombia no se acoge a ninguna de las disposiciones de flexibilidad contempladas en el marco internacional. El país ha generado estimaciones completas y consistentes que cubren la totalidad de la serie temporal (1990–2024).

5.8.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría

Tabla 5-68. Resultados de incertidumbre (%) por propagación del error para 3.G. Encalado

Subcategoría	Cont	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
3.G. Encalado	CO2	26,9	26,9	26,9	26,9	26,9	26,9	26,9	26,9	26,9	26,9	26,9
3.G.2. Dolomita $CaMg(CO_3)_2$	CO2	26,9	26,9	26,9	26,9	26,9	26,9	26,9	26,9	26,9	26,9	26,9

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 5-68 se presentan los resultados de incertidumbre para la categoría 3.G. Encalado en los años seleccionados del periodo 1990-2024. Las emisiones de esta categoría corresponden exclusivamente a CO_2.

La incertidumbre se mantuvo constante en ±26,9 % durante todo el periodo analizado, por lo que no se observa una reducción o un aumento entre 1990 y 2024. Los resultados de la categoría corresponden en su totalidad a 3.G.2. Aplicación de dolomita [$CaMg(CO_3)_2$]; por esta razón, ambas presentan los mismos valores de incertidumbre.

5.8.5 AC/CC de la categoría

De manera adicional a las actividades transversales de control y aseguramiento de calidad aplicadas a la totalidad del inventario, para las categorías del sector Agricultura se implementaron los siguientes procedimientos específicos, orientados a garantizar la calidad y la coherencia de los resultados reportados:

- Integridad de las bases de datos: Se verificó la integridad y consistencia de las bases de datos B0, B2, F2 y SectorCal, consolidadas conforme a la estructura estandarizada del inventario para la totalidad de las subcategorías del sector estimadas en el presente ciclo de reporte, garantizando que los datos de actividad y demás parámetros utilizados en el cálculo se ajustaran a los formatos definidos y estuvieran debidamente documentados.
- Homogenización de series históricas: Para determinadas categorías del sector, en las que se identificaron cambios en las fuentes de información, en las metodologías de captura o en la desagregación de los datos de actividad a lo largo del tiempo, se aplicaron procedimientos de homogenización orientados a garantizar la coherencia y la consistencia metodológica de la serie histórica utilizada en la estimación de emisiones.
- Comparación con ciclos anteriores del inventario: Se compararon los resultados de emisiones obtenidos en el presente ciclo con los reportados en los ciclos anteriores del inventario, a nivel de subcategoría y de serie histórica, con el fin de identificar variaciones significativas y justificar técnicamente su origen, ya sea que respondan a cambios metodológicos, a la actualización de datos de actividad, o a otras causas identificadas durante el proceso de revisión.
- Articulación con actores del sector: Dada la naturaleza de las fuentes agropecuarias que integran esta categoría, la estimación de emisiones se desarrolló en estrecha articulación con las entidades del sector agropecuario asociadas a los distintos sistemas productivos cubiertos, con el fin de contrastar la información de actividad utilizada y validar la coherencia de los resultados frente al conocimiento técnico de las prácticas productivas representadas.
- Socialización y divulgación de resultados: Los resultados de emisiones del sector fueron socializados con los actores técnicos del sector, tanto institucionales como gremiales, en espacios de divulgación orientados al fortalecimiento de capacidades y a la identificación conjunta de opciones de mejora, así como a la retroalimentación de las estimaciones presentadas en el marco del presente ciclo de reporte.

5.8.6 Nuevos cálculos de la categoría

Al comparar las emisiones del primer año reportado (1990) y del último año del BTR1 (2021) con las cifras presentadas en el BTR2, se observa una variación del -5,0 % y un incremento del 12,7 %, respectivamente (Tabla 5-69). A lo largo de todo el periodo de observación se evidencia una discrepancia sistemática en el volumen de las emisiones, donde la serie reconstruida para el BTR2 se sitúa constantemente por encima de los valores publicados en el BTR1 para la gran mayoría de los años, especialmente a partir de la segunda mitad de la serie (Figura 5-42).

Mientras que el reporte anterior estimaba emisiones que oscilaban predominantemente en un rango bajo (entre las 1 y 42, kt CO_2eq); alcanzando un pico aislado de 54 kt CO_2eq al cierre, la actualización metodológica del BTR2 eleva la base histórica hacia un umbral superior, ubicándose entre las 1 y 61 kt CO_2eq y extendiéndose hasta las 62,8 kt CO_2eq en 2024.

Por último, el nuevo reporte preservó de manera limpia el comportamiento histórico real del sector, capturando con exactitud las anomalías sectoriales de difícil explicación técnica del pasado, como la drástica contracción en la aplicación del insumo registrada en el año 1993, donde ambos informes coinciden en un mínimo histórico inferior a una kilotonelada de CO_2eq (0,87 kt CO_2eq en BTR1 frente a 0,86 kt CO_2eq en BTR2).

Tabla 5-69. Encalado: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2) (kt CO_2eq)

Subcategoría	Reporte	1.990	1.995	2.000	2.005	2.010	2.015	2.020	2.021
3.G.2. Dolomita $CaMg(CO_3)_2$	BTR1	2,4	7,9	1,3	12,3	21,1	32,6	41,0	54,0
3.G.2. Dolomita $CaMg(CO_3)_2$	BTR2	2,3	2,4	1,4	13,3	23,8	39,5	50,3	60,9
3.G.2. Dolomita $CaMg(CO_3)_2$	Diferencia	-0,1	-5,5	0,1	1,0	2,7	6,9	9,3	6,9
3.G.2. Dolomita $CaMg(CO_3)_2$	Diferencia (%)	-4,9	-69,2	8,5	8,0	13,0	21,1	22,8	12,7
3.G.2. Dolomita $CaMg(CO_3)_2$	**Efecto en total de subcategoría 3.G (%)**	**-0,0**	**-0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**
3.G.2. Dolomita $CaMg(CO_3)_2$	**Efecto en total neto de subcategoría 3.G (%)**	**-0,0**	**-0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**
3. Agricultura	**BTR1**	**39.527,5**	**40.388,1**	**42.203,4**	**46.649,9**	**48.233,6**	**48.335,1**	**58.642,7**	**57.957,8**
3. Agricultura	**BTR2**	**40.175,9**	**41.412,8**	**40.771,6**	**42.919,9**	**44.818,5**	**45.895,5**	**56.187,1**	**55.163,3**
3. Agricultura	**Diferencia**	**648,4**	**1.024,7**	**-1.431,9**	**-3.730,0**	**-3.415,1**	**-2.439,6**	**-2.455,6**	**-2.794,5**
3. Agricultura	**Diferencia (%)**	**1,6**	**2,5**	**-3,4**	**-8,0**	**-7,1**	**-5,0**	**-4,2**	**-4,8**

Fuente: Elaboración propia.

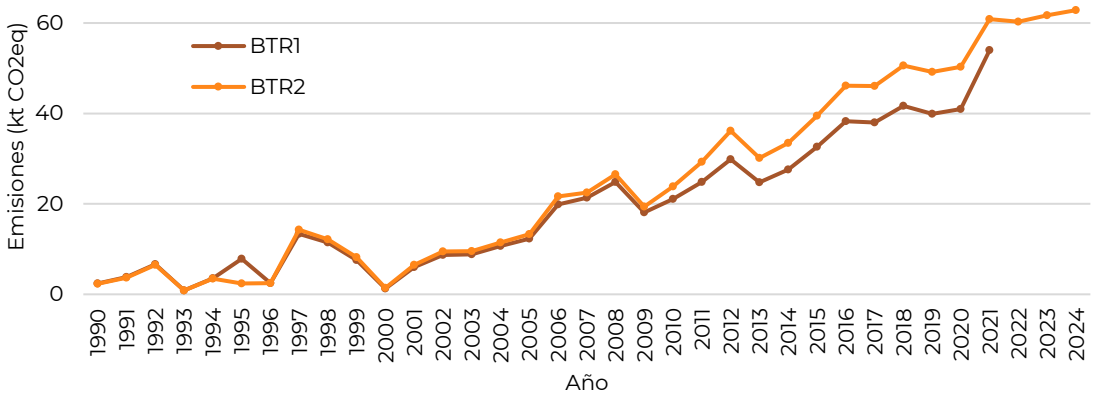


Figura 5-42. Encalado: Recálculos de GEI (kt CO_2eq), 1990-2024

Fuente: Elaboración propia.

5.8.7 Mejoras planeadas de la categoría

A continuación, Tabla 5-70, se presenta el plan de mejora diseñado para esta subcategoría, orientado a fortalecer la calidad de los datos, reducir los niveles de incertidumbre y optimizar los procesos metodológicos en los próximos ciclos de reporte.

Tabla 5-70. Encalado: Plan de mejora

Subcategoría	Actividad propuesta de mejora	Periodo	Actores	Priorización
3.G.2. Dolomita $CaMg(CO_3)_2$	Seguir perfeccionando los datos de actividad obtenidos a partir de la consulta nacional de expertos	1990 - 2030	Expertos en territorio; Centros de investigación; Ideam; MinAmbiente.	BTR5 - 2032

Fuente: Elaboración propia.

5.9 Aplicación de urea (CRT 3.H)

5.9.1 Descripción y tendencia de las emisiones y absorciones atmosféricas de la categoría

En esta categoría se contabilizan, únicamente, las emisiones de CO_2 asociadas a la aplicación de urea, esta es el fertilizante nitrogenado más utilizados a nivel global debido a su alto contenido de nitrógeno (46 %). Sin embargo, su incorporación al suelo induce la liberación de CO_2 al interactuar con el agua del suelo y ser catalizada por la enzima ureasa, la urea se hidroliza para formar amonio (NH_4), iones hidróxido (OH) y bicarbonato (HCO_3). Finalmente, en un entorno de pH dinámico, el bicarbonato se descompone, liberando CO_2 y agua (H_2O) (Jakob et al., n.d.; Ren et al., 2023).

Durante 2024, la emisión asociada a la aplicación de urea (3.H) fue 405,7 CO_2eq, y representó el 0,7 % de las emisiones totales del sector agricultura (58.033,4 kt CO_2eq). La aplicación de urea (3.H) es una de las tres categorías cuyo aporte a las emisiones del sector es menor al 1 % (Tabla 5-71). A lo largo del período analizado (Figura 5-43), el comportamiento histórico muestra que el promedio anual de emisiones fue de 291,8 kt CO_2eq, con una tasa media de crecimiento anual del 2,3 %. Esta tendencia se refleja en el incremento del 33,4 % registrado entre 1990 y 2024, período en el cual las emisiones pasaron de 304,2 kt CO_2eq a las 405,7 kt CO_2eq actuales. Asimismo, al comparar el resultado de 2024 con la emisión del último año reportado en el anterior BTR1 (217,7 kt CO_2eq), se observa un incremento aproximado del 86,3 %.

Las emisiones presentan una tendencia variable a lo largo de la serie histórica debido a la fluctuación en el consumo de este insumo en el país, la cual está estrechamente relacionada con los volúmenes de importación y los precios del mercado internacional.

En Colombia, la mayoría de las regiones se caracterizan por poseer suelos con fertilidad de mediana a baja, expuestos a altas temperaturas constantes, excesos de humedad y una fuerte lixiviación de minerales. Estos suelos suelen registrar bajas concentraciones de materia orgánica (MO) y una relación C/N desfavorable, lo que evidencia una tasa de descomposición insuficiente de los componentes orgánicos. Debido a estas restricciones pedológicas naturales y a la consecuente deficiencia en los aportes de nitrógeno (N), los cultivos comerciales en el país demandan enmiendas y correcciones específicas orientadas a optimizar las propiedades de la capa superficial del suelo, asegurando así los rendimientos y la alta calidad de la producción agrícola.

Tabla 5-71. Aplicación de urea: Emisiones totales de GEI por subcategoría (kt CO_2eq)

Categoría	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
3.H. Aplicación de urea	304,2	231,1	264,0	278,7	274,3	428,1	355,5	395,6	252,6	329,1	405,7

Fuente: Elaboración propia.

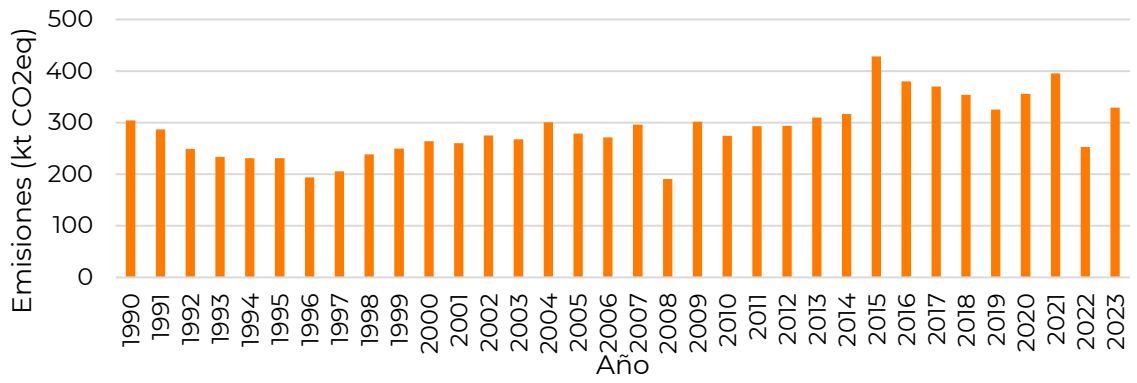


Figura 5-43. Aplicación de urea: Emisión de GEI por subcategoría (kt CO_2eq), 1990-2024

Fuente: Elaboración propia.

5.9.2 Aspectos metodológicos de la categoría

La estimación de las emisiones asociadas a la aplicación de urea en los suelos agrícolas de Colombia se desarrolló bajo el enfoque metodológico de Nivel 1 (factores predeterminados), conforme a las directrices del IPCC 2006 (Tabla 5-72). Para el cálculo, se emplearon las estadísticas de uso de urea con el fin de cuantificar la masa total del fertilizante incorporada anualmente al suelo.

Tabla 5-72. Aplicación urea: Aspectos metodológicos para la estimación de GEI

Subcategoría	Contaminante	Nivel (Tier)	No. Ecuación	Ecuación	Fuente
3.H. Aplicación urea	CO_2	1	Ecuación 11.13.	$CO_2 Emission = M * EF * \left(\frac{44}{12}\right)$ Dónde: CO_2-C Emisión = emisiones anuales de C por aplicación de urea, toneladas CO_2 año^{-1}; M = Cantidad anual de fertilización con urea, toneladas urea año^{-1}; EF = factor de emisión, tonelada de C (t de urea)$^{-1}$. 44/12 = relación estequiométrica entre C y CO_2.	IPCC, 2019. V 4. Ch 11.

Fuente: Elaboración propia.

Debido a la falta de registros desagregados sobre la proporción exacta de urea distribuida por sector, se realizó una consulta nacional con expertos del sector agropecuario. Este proceso permitió subsanar la brecha de información y estructurar una estimación fundamentada en los requerimientos de los cultivos que reciben este insumo en las diferentes regiones naturales del país.

5.9.2.1 Datos de actividad de la categoría

La estimación de la cantidad de urea aplicada en los suelos agrícolas se realizó a nivel municipal (Tabla 5-73). Para ello, se tomaron como base las áreas sembradas reportadas en las evaluaciones agropecuarias municipales. Complementariamente, se recopilaron indicadores sobre la dosificación de urea por hectárea para el periodo histórico de 1990 a 2024 en los cultivos más representativos del país, mediante una consulta nacional a expertos agropecuarios (cuya metodología metodológica detallada se describe en la categoría 3.D.1).

Tabla 5-73. Aplicación de urea: Fuente de información de datos de actividad

Subcategoría	Dato de actividad	Periodo	Fuente	Comentarios
3.H. Aplicación de urea	Cantidad de urea aplicada	1990 - 2024	Evaluaciones agropecuarias municipales.	A partir de la encuesta a expertos, se recopilaron indicadores de aplicación de urea y se multiplicaron por la proporción de hectáreas sembradas a las que se les aplica el insumo.

Fuente: Elaboración propia.

Con el propósito de consolidar el dato de actividad municipal, la información estimada se ajustó mediante un indicador indirecto (proxy), garantizando así su coherencia y alineación con el reporte consumo nacional urea publicado por Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes (IFA, por sus siglas en inglés) Anexo 5.4. Encuesta de expertos para aplicación de Urea (3.H). Las cifras de los datos de actividad se reportaron a continuación (Tabla 5-74).

Tabla 5-74. Aplicación de urea: Datos de actividad (Cantidad de urea (ton)) para GEI y CN+CC

Año	3.H. Aplicación de urea	Año	3.H. Aplicación de urea
1.990	207.400	2.008	130.000
1.991	195.400	2.009	205.700
1.992	169.600	2.010	187.000
1.993	159.100	2.011	200.000
1.994	157.600	2.012	200.200
1.995	157.600	2.013	211.400
1.996	132.000	2.014	216.000
1.997	140.400	2.015	291.900
1.998	162.700	2.016	259.000
1.999	170.200	2.017	252.400

2.000	180.000	2.018	241.200
2.001	177.400	2.019	221.800
2.002	187.400	2.020	242.400
2.003	182.300	2.021	269.700
2.004	205.000	2.022	172.200
2.005	190.000	2.023	224.400
2.006	185.000	2.024	276.600
2.007	201.800		

Fuente: Elaboración propia.

5.9.2.2 Factores de emisión aplicados en la categoría

El factor de emisión empleado para estimar las emisiones de CO_2 derivadas de la aplicación de urea en suelos agrícolas corresponde al valor por defecto establecido en las directrices del IPCC para la región (Tabla 5-75).

Tabla 5-75. Aplicación de urea: Factores de emisión aplicados por subcategoría para GEI

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad
3.H. Aplicación de urea	IPCC (2006); V4, Ch11.	1	D	CO_2	0,2	t C (t urea)$^{-1}$

Fuente: Elaboración propia.

A través de la consulta a expertos, se indagó sobre los principales cultivos receptores de urea en cada región natural, las dosis de urea aplicadas por hectárea y la proporción del área sembrada tratada con este insumo. El proceso contó con la participación de 120 expertos, de los cuales 69 alcanzaron un nivel de competencia alto; entre estos últimos, el 44,6 % disponía de conocimiento específico sobre los volúmenes de urea aplicados por cultivo y región para cada década del periodo analizado.

Finalmente, los parámetros obtenidos de la consulta se integraron con las estadísticas de áreas sembradas de los cultivos priorizados y las proporciones de suelo tratado.

5.9.3 Descripción de flexibilidad aplicada en la categoría

Para la categoría de Aplicación de urea (3.H), Colombia no se acoge a ninguna de las disposiciones de flexibilidad contempladas en el marco internacional. El país ha generado estimaciones completas y consistentes que cubren la totalidad de la serie temporal (1990–2024)

5.9.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría

Tabla 5-76. Resultados de incertidumbre (%) por propagación del error para 3.H. Aplicación de urea.

Subcategoría	Cont	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
3.H. Aplicación de urea	CO2	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 5-76 se presentan los resultados de incertidumbre para la categoría 3.H. Aplicación de urea en los años seleccionados del periodo 1990-2024. Las emisiones de esta categoría corresponden exclusivamente a CO_2. Para los años analizados, la incertidumbre promedio fue de ±9,77 %.

Entre 1990 y 2010, la incertidumbre se mantuvo constante en ±12,5 %. En 2015 disminuyó a ±7,5 % y permaneció en este valor hasta 2024. Al comparar los extremos del periodo, se observa una reducción relativa del 40,00 %, equivalente a 5 puntos porcentuales.

5.9.5 AC/CC de la categoría

De manera adicional a las actividades transversales de control y aseguramiento de calidad aplicadas a la totalidad del inventario, para las categorías del sector Agricultura se implementaron los siguientes procedimientos específicos, orientados a garantizar la calidad y la coherencia de los resultados reportados:

- Integridad de las bases de datos: Se verificó la integridad y consistencia de las bases de datos B0, B2, F2 y SectorCal, consolidadas conforme a la estructura estandarizada del inventario para la totalidad de las subcategorías del sector estimadas en el presente ciclo de reporte, garantizando que los datos de

actividad y demás parámetros utilizados en el cálculo se ajustaran a los formatos definidos y estuvieran debidamente documentados.

- Homogenización de series históricas: Para determinadas categorías del sector, en las que se identificaron cambios en las fuentes de información, en las metodologías de captura o en la desagregación de los datos de actividad a lo largo del tiempo, se aplicaron procedimientos de homogenización orientados a garantizar la coherencia y la consistencia metodológica de la serie histórica utilizada en la estimación de emisiones.
- Comparación con ciclos anteriores del inventario: Se compararon los resultados de emisiones obtenidos en el presente ciclo con los reportados en los ciclos anteriores del inventario, a nivel de subcategoría y de serie histórica, con el fin de identificar variaciones significativas y justificar técnicamente su origen, ya sea que respondan a cambios metodológicos, a la actualización de datos de actividad, o a otras causas identificadas durante el proceso de revisión.
- Articulación con actores del sector: Dada la naturaleza de las fuentes agropecuarias que integran esta categoría, la estimación de emisiones se desarrolló en estrecha articulación con las entidades del sector agropecuario asociadas a los distintos sistemas productivos cubiertos, con el fin de contrastar la información de actividad utilizada y validar la coherencia de los resultados frente al conocimiento técnico de las prácticas productivas representadas.
- Socialización y divulgación de resultados: Los resultados de emisiones del sector fueron socializados con los actores técnicos del sector, tanto institucionales como gremiales, en espacios de divulgación orientados al fortalecimiento de capacidades y a la identificación conjunta de opciones de mejora, así como a la retroalimentación de las estimaciones presentadas en el marco del presente ciclo de reporte.

5.9.6 Nuevos cálculos de la categoría

Al comparar las emisiones del primer año reportado (1990) y del último año de BTR1 (2021) con las de BTR2, se observa un incremento de 23,7 % y 81,7 %, respectivamente (Tabla 5-77). A lo largo de todo el periodo de observación se evidencia una discrepancia sistemática en el volumen de las emisiones, donde la serie reconstruida para el BTR2 se sitúa constantemente por encima de los valores publicados en el BTR1 para la gran mayoría de los años. Mientras que el reporte anterior estimaba emisiones que oscilaban predominantemente en un rango bajo (entre las 130 y 270 kt CO_2eq), la actualización metodológica del BTR2 eleva la base histórica hacia un umbral superior (entre las 230 y 420 kt CO_2eq).

Por último, la relación temporal demuestra que el BTR2 eliminó el "ruido" estadístico y las anomalías numéricas que afectaban la coherencia del BTR1 (Figura 5-44). La serie del primer reporte presentaba una alta volatilidad con picos y caídas interanuales de difícil explicación técnica, como el salto excepcional en el año 2007 (504,6 kt CO_2eq) seguido de un desplome inmediato en 2008 (138,2 kt CO_2eq), o la drástica contracción registrada en 2014 (85,3 kt CO_2eq).

Tabla 5-77. Aplicación de urea: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2) (kt CO_2eq)

Categoría	Reporte	1.990	1.995	2.000	2.005	2.010	2.015	2.020	2.021
3.H. Aplicación de urea	BTR1	245,9	243,4	239,1	270,3	138,1	258,9	211,1	217,7
3.H. Aplicación de urea	BTR2	304,2	231,1	264,0	278,7	274,3	428,1	355,5	395,6
3.H. Aplicación de urea	Diferencia	58,3	-12,3	24,9	8,3	136,2	169,2	144,4	177,8
3.H. Aplicación de urea	Diferencia (%)	23,7	-5,0	10,4	3,1	98,6	65,4	68,4	81,7
3.H. Aplicación de urea	**Efecto en total de subcategoría 3 (%)**	**0,1**	**-0,0**	**0,1**	**0,0**	**0,3**	**0,4**	**0,2**	**0,3**
3.H. Aplicación de urea	**Efecto en total neto de subcategoría 3 (%)**	**0,1**	**-0,0**	**0,1**	**0,0**	**0,3**	**0,4**	**0,2**	**0,3**
3. Agricultura	**BTR1**	**39.527,5**	**40.388,1**	**42.203,4**	**46.649,9**	**48.233,6**	**48.335,1**	**58.642,7**	**57.957,8**
3. Agricultura	**BTR2**	**40.175,9**	**41.412,8**	**40.771,6**	**42.919,9**	**44.818,5**	**45.895,5**	**56.187,1**	**55.163,3**
3. Agricultura	**Diferencia**	**648,4**	**1.024,7**	**-1.431,9**	**-3.730,0**	**-3.415,1**	**-2.439,6**	**-2.455,6**	**-2.794,5**
3. Agricultura	**Diferencia (%)**	**1,6**	**2,5**	**-3,4**	**-8,0**	**-7,1**	**-5,0**	**-4,2**	**-4,8**

Fuente: Elaboración propia.

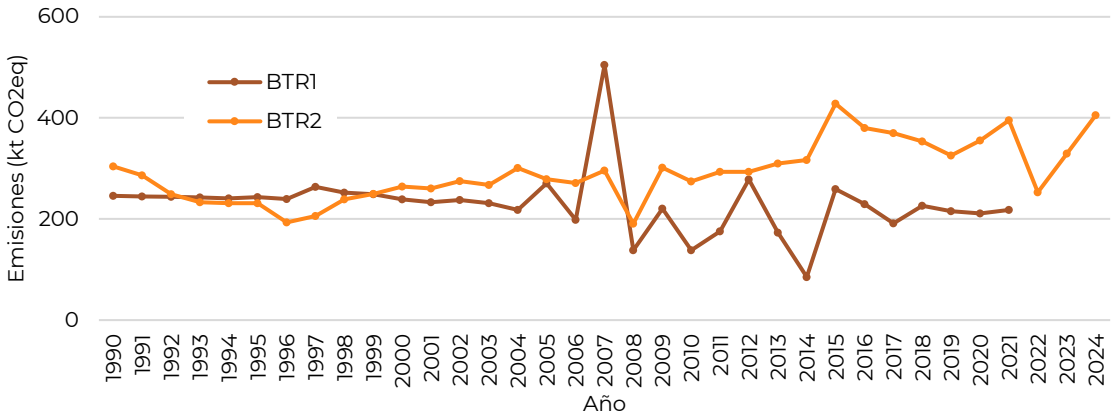


Figura 5-44. Aplicación de urea: Recálculos de GEI (kt CO_2eq), 1990-2024

Fuente: Elaboración propia.

5.9.7 Mejoras planeadas de la categoría

A continuación (Tabla 5-78), se presenta el plan de mejora diseñado para esta subcategoría, orientado a fortalecer la calidad de los datos, reducir los niveles de incertidumbre y optimizar los procesos metodológicos en los próximos ciclos de reporte.

Tabla 5-78. Aplicación de urea: Plan de mejora

Subcategoría	Actividad propuesta de mejora	Periodo	Actores	Priorización
3.H. Aplicación de urea	Seguir perfeccionando los datos de actividad obtenidos a partir de la consulta nacional de expertos	1990 - 2030	Expertos en territorio; Centros de investigación; Ideam; MinAmbiente.	BTR5 - 2032

Fuente: Elaboración propia.

5.10 Otros fertilizantes que tienen carbono (CRT 3.I)

Esta categoría no se estimó debido a que la base de datos oficial de fertilizantes compuestos aún no permite identificar otros productos que contengan carbono. Aunque desde el BTR1 se han planteado acciones de mejora para superar esta situación, estas no se han implementado debido a restricciones de tiempo. Para el próximo ciclo del inventario, se prevé realizar dicha identificación mediante consultas a expertos en campo, con el fin de incluir estos productos en las estimaciones, siempre que se evidencie su aplicación en suelos agrícolas.

5.11 Otros (especificar) (CRT 3.J)

Esta categoría no ocurre en el país.

6 SILVICULTURA, USO Y CAMBIO DE USO DE LA TIERRA (CRT 4)

AUTORES

Daniela Maria Bernal Escobar (Ideam - Fundación Natura – PNUD), Derly Johana Londoño Hernández (Ideam - Fundación Natura – PNUD), Héctor William Moreno Quitían (Ideam), Karen Ballesteros Gonzalez (Ideam - Fundación Natura – PNUD), Luis Alejandro Sanchez Pulido (Convenio 471 de 2022 Ideam -Ecopetrol-Fundación Natura), Manuel Camilo Valencia Molina (Ideam - Fundación Natura – PNUD), Maria Cecilia Cardona Ruiz (Ideam), Sergio Andrés Garces Jimenez (Ideam - Fundación Natura – PNUD), Yeraldin Roa Medina (Convenio 471 de 2022 Ideam -Ecopetrol-Fundación Natura)

AGRADECIMIENTOS

Alianza de Bioversity International y el CIAT: Augusto Casto Núñez, Ivon Maritza Casallas Martínez, Daniela Vásquez Molano, Connor Haynes, Karoll Valentina Yomayuza. **Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente de Cali:** Mauricio José Mira Pontón**. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia:** Raúl Jaime Hernández Restrepo, Rocío Espinosa. **Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite:** Robert Sebastian Castellanos Rodriguez. **Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales:** Ghisliane Echeverry Prieto, Gustavo Galindo, Amparo Rodríguez, Raymond Alexander Jimenez Arteaga, Claudia Patricia Olarte. **Instituto Geográfico Agustín Codazzi**: Gustavo Adolfo Marulanda Morales, Ricardo Fabián Siachoque Bernal. **Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural:** Martha Viviana Carvajalino Villegas, Manuel Paredes, Isabel Cárdenas Ávila. **Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Secretaría de Medio Ambiente de Medellín**: Elsa Soley Rodríguez Rojas, Lucenit Solano Guerrero. **Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá:** Adriana Soto Carreño, Germán Eugenio Cárdenas Riveros. **Unidad de Planificación Rural Agropecuaria:** Lucia Mahecha Silva.

6.1 Panorama general del sector

6.1.1 Descripción del sector

El sector de Silvicultura, Uso y Cambio de Uso de la Tierra (LULUCF, por sus siglas en inglés) comprende las estimaciones de emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero (GEI) derivadas de las variaciones en las existencias de carbono de los ecosistemas terrestres. Estas variaciones pueden originarse por procesos como los cambios entre categorías de uso de la tierra, la pérdida o acumulación de biomasa, las perturbaciones naturales o antrópicas y las modificaciones en las reservas de carbono almacenadas en los suelos y la materia orgánica muerta (IPCC, 2006, IPCC, 2019). Adicionalmente, el sector incluye las estimaciones correspondientes a los productos de madera recolectada (Harvested Wood Products, HWP), los cuales representan almacenamiento temporal de carbono en productos derivados de la madera y son reportados de conformidad con las Directrices del IPCC de 2006. De igual forma, se reportan las emisiones asociadas a incendios y quema de biomasa en tierras forestales, tierras de cultivo y pastizales. Para estas categorías también se estiman emisiones de carbono negro (CN) y contaminantes criterio (CR) (EEA, 2019; IPCC, 2006).

De acuerdo con la Guía EMEP/EEA (2019), las principales fuentes de emisiones de carbono negro (CN) y contaminantes criterio (CR) en el sector LULUCF corresponden a los procesos de combustión de biomasa asociados a incendios forestales y quemas de vegetación. Estas actividades generan emisiones de monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x), óxidos de azufre (SO_x), dióxido de azufre (SO_2), compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano (COVDM), amoníaco (NH_3), material particulado (PM_{10} y $PM_{2.5}$) y carbono negro. En el presente inventario, estas emisiones se estiman para la categoría 4(IV). Quema de biomasa, de acuerdo con la disponibilidad de información nacional y las metodologías establecidas en la Guía EMEP/EEA 2019 (EEA, 2019).

Las estimaciones del sector se desarrollan siguiendo las Directrices del IPCC de 2006 y el Refinamiento de las Directrices del IPCC de 2019. Para la contabilidad de emisiones y absorciones de GEI se consideran las tierras gestionadas incluidas en el inventario nacional (IPCC, 2006, IPCC 2019).

De acuerdo con las Directrices del IPCC (2006), el sector LULUCF se estructura en seis categorías principales de uso de la tierra: tierras forestales, tierras de cultivo, pastizales, humedales, asentamientos y otras tierras. Adicionalmente, el presente inventario incluye las estimaciones correspondientes a productos de la madera recolectada (4.G), las emisiones de CH_4 provenientes de tierras inundadas (4(II)) y las emisiones derivadas de la quema de biomasa (4(IV)), de conformidad con las Tablas de Reporte Común (CRT) aplicables al BTR2 (IPCC, 2006; UNFCCC, 2024).

En este contexto, Colombia reporta estimaciones para las categorías de tierras forestales, tierras de cultivo, pastizales, humedales, asentamientos, otras tierras y productos de la madera recolectada, incorporando las emisiones y absorciones derivadas de los cambios en las existencias de carbono de la biomasa viva, la materia orgánica muerta y el carbono orgánico del suelo. Asimismo, se reportan las emisiones de CH_4 provenientes de tierras inundadas y las emisiones de CH_4, N_2O, carbono negro y contaminantes criterio asociadas a la quema de biomasa, de acuerdo con las categorías de reporte establecidas para el BTR2.

Para las categorías que permanecen en el mismo uso de la tierra, se incluyen estimaciones correspondientes a bosque natural, plantaciones forestales comerciales, sistemas silvopastoriles, cultivos permanentes, embalses destinados a la generación hidroeléctrica y áreas de arbolado urbano. En el caso de los cultivos permanentes, se consideran principalmente especies agrícolas y agroindustriales representativas a nivel nacional.

Respecto a los cambios de uso de la tierra, actualmente el país dispone principalmente de información relacionada con procesos de deforestación y regeneración de bosque natural, incluyendo conversiones de bosque natural hacia otras categorías de uso de la tierra y áreas de no bosque convertidas a bosque natural. Adicionalmente, se incorporan estimaciones para algunas conversiones entre categorías no forestales, particularmente aquellas asociadas a tierras de cultivo convertidas en pastizales, herbazales y diferentes tipos de humedales, incluyendo humedales de tierras bajas y medias y humedales costeros (Ideam, 2021a).

Algunas categorías de reporte no son estimadas debido a limitaciones en la disponibilidad de información de actividad y datos nacionales. Este es el caso de las emisiones directas e indirectas de N_2O asociadas a entradas de nitrógeno en suelos gestionados distintos de las tierras de cultivo y los pastizales, para las cuales actualmente no se dispone de información suficiente sobre la aplicación de fertilizantes y otras fuentes de nitrógeno en dichos usos de la tierra (IPCC, 2006a)).

De acuerdo con la información nacional de coberturas de la tierra, Colombia posee una alta proporción de áreas naturales y seminaturales dentro de su territorio, seguidas por territorios agrícolas, superficies de agua y áreas húmedas. Al homologar estas coberturas a las categorías de uso de la tierra definidas por el IPCC, predominan las tierras forestales y los pastizales, que representan la mayor proporción del territorio nacional. En menor medida se encuentran los humedales, las tierras de cultivo, los asentamientos y otras tierras (Castellanos, 2021a).

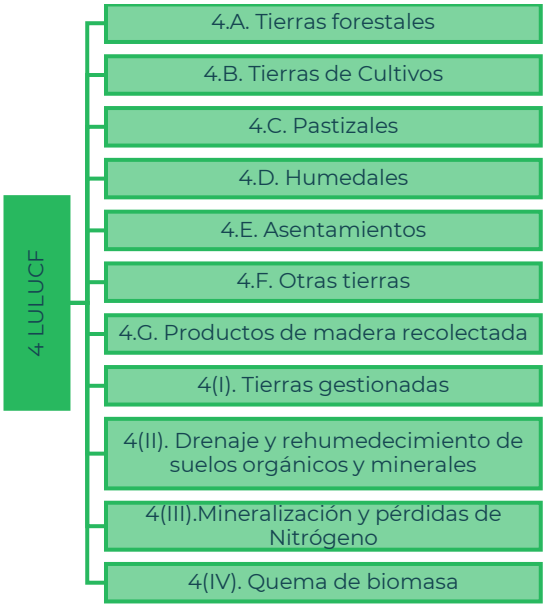


Figura 6-1. Sector LULUCF: Categorías en el sector Silvicultura, Uso y Cambio de Uso de la Tierra.

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 6-1 se presentan las categorías de reporte del sector uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura incluidas en el INGEI de Colombia.

En Colombia, las tierras forestales constituyen la categoría de mayor relevancia dentro del sector LULUCF debido a su amplia cobertura territorial y a su contribución al balance nacional de emisiones y absorciones de GEI. Les siguen los pastizales y las tierras de cultivo, asociados principalmente a procesos de cambio de uso de la tierra y manejo de la biomasa. Los humedales, los asentamientos, las otras tierras y los productos de la madera recolectada presentan una menor contribución al balance nacional de emisiones y absorciones; sin embargo, su inclusión mejora la exhaustividad, consistencia y transparencia del inventario. Asimismo, el BTR2 incorpora el reporte de las emisiones de CH_4 provenientes de tierras inundadas y las emisiones de carbono negro y contaminantes criterio asociadas a la quema de biomasa, ampliando la cobertura del reporte con respecto al BTR1 (Ideam, 2024).

Dentro del sector LULUCF, la deforestación constituye una de las principales dinámicas de cambio de uso de la tierra en Colombia debido a su efecto sobre las existencias de carbono y las emisiones generadas por la conversión de bosques naturales hacia otras categorías de uso. Históricamente, este proceso ha estado asociado principalmente a la expansión de la frontera agropecuaria, en particular hacia áreas de pastizales y, en menor medida, tierras de cultivo (Ideam, 2021a). El sector también incluye actividades relacionadas con el establecimiento y manejo de cultivos permanentes, sistemas productivos con componente arbóreo y plantaciones forestales comerciales, las cuales representan una fracción importante de las coberturas productivas del país y contribuyen tanto a la generación de emisiones como a la absorción de gases de efecto invernadero.

Las estimaciones reportadas en el inventario se desarrollan principalmente mediante el uso de datos de actividad y factores de emisión específicos para el país. Cuando no se dispone de información nacional suficiente, se emplean factores de emisión por defecto del IPCC, ajustados, cuando es posible, a las condiciones nacionales y a la disponibilidad de información existente (IPCC, 2006, IPCC 2019).

Respecto a las categorías no estimadas o reportadas mediante claves de notación en las tablas de reporte común (CRT), las principales limitaciones del sector están asociadas a la disponibilidad de información sobre cambios de uso de la tierra, usos previos del suelo, prácticas de manejo, datos de actividad y factores de emisión representativos de las condiciones nacionales (IPCC, 2006; UNFCCC, 2024).

En las categorías de tierras forestales, tierras de cultivo, pastizales, humedales, asentamientos y otras tierras, una de las principales limitaciones corresponde a la ausencia de una matriz nacional completa de cambio de uso de la tierra, lo que restringe la identificación exhaustiva de todas las transiciones entre categorías y dificulta la desagregación de algunas estimaciones requeridas para determinadas subcategorías de las CRT.

De igual forma, persisten limitaciones en la delimitación de suelos gestionados y no gestionados, así mismo la definición de los suelos orgánicos y minerales que permita la estimación de cambios en el carbono del suelo y de las emisiones de N_2O asociadas a entradas de nitrógeno en usos de la tierra distintos de cultivos y pastizales,

debido a la limitada disponibilidad de información sobre manejo de suelos, aplicación de fertilizantes, contenidos de carbono y otras variables requeridas para su cuantificación (IPCC, 2006a).

En la categoría de humedales, las principales limitaciones están asociadas a la identificación, delimitación y caracterización de áreas distintas de los embalses destinados a generación hidroeléctrica, así como a la disponibilidad de factores de emisión representativos de las condiciones nacionales (Ideam, 2021; IPCC, 2014).

Asimismo, algunas subcategorías relacionadas con el drenaje y rehumedecimiento de suelos orgánicos y minerales, los procesos de mineralización e inmovilización de nitrógeno y determinadas actividades de quema de biomasa no son estimadas actualmente debido a restricciones en la disponibilidad de información de actividad y datos nacionales. No obstante, el presente inventario amplía la cobertura de reporte mediante la incorporación de nuevas categorías de cambio de uso de la tierra y la estimación de gases de efecto invernadero, carbono negro y contaminantes criterios asociados a incendios forestales y quema de biomasa, fortaleciendo la exhaustividad, cobertura y transparencia del reporte del sector LULUCF (EEA, 2019; UNFCCC, 2024).

En términos de exhaustividad, el inventario incluye las principales categorías y subcategorías del sector LULUCF para las cuales se dispone de información de actividad y metodologías adecuadas para las condiciones nacionales. Las categorías que no ocurren en el país se reportan mediante la clave de notación NO, mientras que aquellas que no pueden estimarse debido a limitaciones de información se reportan utilizando las claves de notación correspondientes en las tablas CRT. Con respecto al BTR1, el presente inventario incorpora el reporte de la categoría 4(IV). Quema de biomasa, así como las estimaciones de CH_4 provenientes de tierras inundadas (4(II)) y las emisiones de carbono negro y contaminantes criterio asociadas a incendios forestales y quema de biomasa, fortaleciendo la exhaustividad, la cobertura y la transparencia del reporte del sector LULUCF (UNFCCC, 2024).

6.1.2 Tendencia de las emisiones y absorciones atmosféricas del sector

En la Tabla 6-1 se presenta la compilación de las emisiones y absorciones atmosféricas del sector Silvicultura, Uso y Cambio de Uso de la Tierra (LULUCF) para el año 2024, desagregadas por categorías y subcategorías de reporte. Los resultados muestran que el sector registró emisiones netas de 75.741,8 kt CO_2eq, como resultado de las variaciones en las existencias de carbono asociadas a los cambios de uso de la tierra, la gestión de las tierras forestales, los productos de la madera recolectada y las emisiones derivadas de la quema de biomasa reportadas en la categoría 4(IV).

El dióxido de carbono (CO_2) constituye el principal gas de efecto invernadero reportado en el sector y representa la mayor contribución al balance neto de emisiones. Para el año 2024 también se reportan emisiones de CH_4, asociadas principalmente a la categoría 4(II). Humedales y a la categoría 4(IV). Quema de biomasa, mientras que las emisiones de N_2O se asocian principalmente a las subcategorías de quema de biomasa incluidas en la categoría 4(IV).

La diferencia entre las emisiones netas de CO_2 del sector (75.564,9 kt) y el total de gases de efecto invernadero expresado en CO_2 equivalente (75.741,8 kt CO_2eq) corresponde a la contribución de las emisiones de CH_4 y N_2O, calculadas mediante la aplicación de sus respectivos potenciales de calentamiento global (IPCC, 2006a).

Tabla 6-1 Sector LULUCF: Emisiones y absorciones por contaminante, categoría y subcategoría (kt) para 2024

Código	Categorías de fuente y sumidero de GEI	CO_2 neto (kt)	CH_4 (kt)	N_2O (kt)	NH_3 (kt)	NO_x (kt)	SO_x (kt)	SO_2 (kt)	CO (kt)	COVDM (kt)	CN (kt)	PM_{10} (kt)	$PM_{2.5}$ (kt)	Total de GEI (kt CO2 eq)
4.	**Silvicultura, uso y cambio de uso de la tierra**	**75.564,9**	**5,4**	**0,1**	**NA**	**NA**	**NA**	**NA**	**NA**	**NA**	**NA**	**NA**	**NA**	**75.741,8**
4.A.	Tierras forestales	45.910,0	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	45.910,0
4.A.1.	Tierras forestales que permanecen como tales	46.754,5	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	46.754,5
4.A.1.a.	Tierras forestales que permanecen como tales (Consumo de leña)	9.232,3	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	9.232,3
4.A.1.b.	Tierras forestales que permanecen como tales (Degradación)	24.177,0	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	24.177,0
4.A.1.c.	Tierras forestales que permanecen como tales (Conversión de bosque natural a tierras forestales)	12.328,9	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	12.328,9
4.A.1.d.	Tierras forestales que permanecen como tales (Plantaciones forestales comerciales)	1.016,2	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1.016,2
4.A.2.	Tierras convertidas a tierras forestales	-844,5	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	-844,5
4.A.2.a.	Cultivos convertidos en tierras forestales	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE
4.A.2.b.	Pastizales convertidos en tierras forestales	IE	IE	IE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE
4.A.2.c.	Humedales convertidos en tierras forestales	IE	IE	IE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE
4.A.2.d.	Asentamientos convertidos en tierras forestales	IE	IE	IE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE

Código	Categorías de fuente y sumidero de GEI	CO_2 neto (kt)	CH_4 (kt)	N_2O (kt)	NH_3 (kt)	NO_X (kt)	SO_X (kt)	SO_2 (kt)	CO (kt)	COVDM (kt)	CN (kt)	PM_{10} (kt)	$PM_{2.5}$ (kt)	Total de GEI (kt CO2 eq)
4.A.2.e.	Otras tierras convertidas en tierras forestales	IE	IE	IE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE
4.B.	Tierras de cultivo	1.751,3	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1.751,3
4.B.1.	Tierras de cultivo que permanecen como tales	1.295,6	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1.295,6
4.B.1.a.	Cultivo de café	-759,2	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	-759,2
4.B.1.b.	Palma de aceite	-1.288,5	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	-1.288,5
4.B.1.c.	Cacao	-1.779,0	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	-1.779,0
4.B.1.d.	Aguacate	-254,4	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	-254,4
4.B.1.e.	Caucho	-578,8	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	-578,8
4.B.1.f.	Mango	-195,2	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	-195,2
4.B.1.g.	Limón	2.758,5	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	2.758,5
4.B.1.h.	Mandarina	26,8	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	26,8
4.B.1.i.	Naranja	190,7	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	190,7
4.B.1.j.	Tangelo	-0,4	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	-0,4
4.B.1.k.	Marañón	-48,5	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	-48,5
4.B.1.l.	Otro	3.223,5	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	3.223,5

Código	Categorías de fuente y sumidero de GEI	CO_2 neto (kt)	CH_4 (kt)	N_2O (kt)	NH_3 (kt)	NO_x (kt)	SO_x (kt)	SO_2 (kt)	CO (kt)	COVDM (kt)	CN (kt)	PM_{10} (kt)	$PM_{2.5}$ (kt)	Total de GEI (kt CO2 eq)
4.B.2.	Tierras convertidas a tierras de cultivo	455,7	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	455,7
4.B.2.a.	Tierras forestales convertidas a tierras de cultivo	455,7	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	455,7
4.B.2.b.	Pastizales convertidos a tierras de cultivo	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE
4.B.2.c.	Humedales convertidos a tierras de cultivo	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE
4.B.2.d.	Asentamientos convertidos a tierras de cultivo	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE
4.B.2.e.	Otras tierras convertidas a tierras de cultivo	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE
4.C.	Pastizales	25.645,9	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	25.645,9
4.C.1.	Pastizales que permanecen como tales	-3.197,3	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	-3.197,3
4.C.2.	Tierras convertidas a pastizales	28.843,1	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	28.843,1
4.C.2.a.	Tierras forestales convertidas a pastizales	28.806,4	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	28.806,4
4.C.2.b.	Tierras de cultivo convertidas a pastizales	36,7	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	36,7
4.C.2.b.ii.	Tierras de cultivo convertidas a herbazales	36,7	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	36,7
4.C.2.c.	Humedales convertidos a pastizales	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE
4.C.2.d.	Asentamientos convertidos a pastizales	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE
4.C.2.e.	Otras tierras convertidas a pastizales	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE

Código	Categorías de fuente y sumidero de GEI	CO_2 neto (kt)	CH_4 (kt)	N_2O (kt)	NH_3 (kt)	NO_X (kt)	SO_X (kt)	SO_2 (kt)	CO (kt)	COVDM (kt)	CN (kt)	PM_{10} (kt)	$PM_{2.5}$ (kt)	Total de GEI (kt CO2 eq)
4.D.	Humedales	1.176,9	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1.177,0
4.D.1	Humedales que permanecen como tales	137,4	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	137,4
4.D.1.a.	Extracción de turba que permanece como tal	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE
4.D.1.b.	Tierras inundadas que permanecen como tales	137,4	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	137,4
4.D.1.c.	Otros humedales que permanecen como tales	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE
4.D.2.	Tierras convertidas a humedales	1.039,5	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1.039,6
4.D.2.a.	Tierras convertidas a extracción de turba	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE
4.D.2.a.i.	Tierras forestales convertidas a extracción de turba	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE
4.D.2.a.ii.	Tierras de cultivo convertidas a extracción de turba	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE
4.D.2.a.iii.	Pastizales convertidos a extracción de turba	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE
4.D.2.a.iv.	Asentamientos convertidos a extracción de turba	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE
4.D.2.a.v.	Otras tierras convertidas a extracción de turba	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE
4.D.2.b.	Tierras convertidas a tierras inundadas	1.155,0	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1.155,0
4.D.2.b.i.	Tierras forestales convertidas a tierras inundadas	1.155,0	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1.155,0

Código	Categorías de fuente y sumidero de GEI	CO_2 neto (kt)	CH_4 (kt)	N_2O (kt)	NH_3 (kt)	NO_X (kt)	SO_X (kt)	SO_2 (kt)	CO (kt)	COVDM (kt)	CN (kt)	PM_{10} (kt)	$PM_{2.5}$ (kt)	Total de GEI (kt CO2 eq)
4.D.2.b.ii.	Tierras de cultivo convertidas a tierras inundadas	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE
4.D.2.b.iii.	Pastizales convertidos a tierras inundadas	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE
4.D.2.b.iv.	Asentamientos convertidos a tierras inundadas	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE
4.D.2.b.v.	Humedales convertidos a tierras inundadas	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE
4.D.2.c.	Tierras convertidas a otros humedales	-115,5	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	-115,5
4.D.2.c.i.	Tierras forestales convertidas a otros humedales	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE
4.D.2.c.ii.1.	Tierras de cultivo a humedales de tierras bajas y medias	-115,5	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	-115,5
4.D.2.c.ii.2.	Tierras de cultivo a humedales costeros	-0,1	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	-0,1
4.D.2.c.iii.	Pastizales convertidos a otros humedales	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE
4.D.2.c.iv.	Asentamientos convertidos a otros humedales	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE
4.D.2.c.v.	Otras tierras convertidos a otros humedales	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE
4.E.	Asentamientos	63,3	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	63,3
4.E.1.	Asentamientos que permanecen como tales	-17,2	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	-17,2
4.E.2.	Tierras convertidas a asentamientos	80,5	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	80,5

Código	Categorías de fuente y sumidero de GEI	CO_2 neto (kt)	CH_4 (kt)	N_2O (kt)	NH_3 (kt)	NO_X (kt)	SO_X (kt)	SO_2 (kt)	CO (kt)	COVDM (kt)	CN (kt)	PM_{10} (kt)	$PM_{2.5}$ (kt)	Total de GEI (kt CO2 eq)
4.E.2.a.	Tierras forestales convertidas a asentamientos	80,5	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	80,5
4.E.2.b.	Tierras de cultivo convertidas a asentamientos	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE
4.E.2.c.	Pastizales convertidos a asentamientos	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE
4.E.2.d.	Humedales convertidos a asentamientos	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE
4.E.2.e.	Otras tierras convertidas a asentamientos	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE
4.F.	Otras tierras	673,3	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	673,3
4.F.1.	Otras tierras que permanecen como tales	NA	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE
4.F.2.	Tierras convertidas a otras tierras	673,3	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	673,3
4.F.2.a.	Tierras forestales convertidas a otras tierras	673,3	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	673,3
4.F.2.b.	Tierras de cultivo convertidas a otras tierras	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE
4.F.2.c.	Pastizales convertidos a otras tierras	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE
4.F.2.d.	Humedales convertidos a otras tierras	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE
4.F.2.e.	Asentamientos convertidos a otras tierras	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE
4.G.	Productos de la madera recolectada (Consumo doméstico)	344,2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	344,2

Código	Categorías de fuente y sumidero de GEI	CO_2 neto (kt)	CH_4 (kt)	N_2O (kt)	NH_3 (kt)	NO_x (kt)	SO_x (kt)	SO_2 (kt)	CO (kt)	COVDM (kt)	CN (kt)	PM_{10} (kt)	$PM_{2.5}$ (kt)	Total de GEI (kt CO2 eq)
4.G.1.	Madera maciza	341,0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	341,0
4.G.1.a.	Madera aserrada	326,9	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	326,9
4.G.1.b.	Paneles de madera	14,1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	14,1
4.G.1.c.	Otros productos de madera maciza	NE	NE	NE	NA	NE	NA	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
4.G.2.	Papel y cartón	3,1	NE	NE	NA	NE	NA	NE	NE	NE	NE	NE	NE	3,1
4.G.2.a.	Otros	3,1	NE	NE	NA	NE	NA	NE	NE	NE	NE	NE	NE	3,1
4.G.3.	Otro	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
4.H.	Otro	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
4.(I).	Emisiones directas de N2O procedentes de aportes de N a suelos gestionados	NA	NA	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE
4(I).A.1.	Tierras forestales que permanecen como tales	NA	NA	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE
4(I).A.2.	Tierras convertidas a tierras forestales	NA	NA	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE
4(I).D.1.	Humedales que permanecen como tales	NA	NA	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE
4(I).D.2.	Tierras convertidas a humedales	NA	NA	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE
4(I).E.1.	Asentamientos que permanecen como tales	NA	NA	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE

Código	Categorías de fuente y sumidero de GEI	CO_2 neto (kt)	CH_4 (kt)	N_2O (kt)	NH_3 (kt)	NO_X (kt)	SO_X (kt)	SO_2 (kt)	CO (kt)	COVDM (kt)	CN (kt)	PM_{10} (kt)	$PM_{2.5}$ (kt)	Total de GEI (kt CO2 eq)
4(I).E.2.	Tierras convertidas en asentamientos	NA	NA	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE
4(I).H.1.	Fertilizantes inorgánicos nitrogenados	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
4.(II).	Emisiones y absorciones provenientes del drenaje y rehumedecimiento y otros manejos de suelos orgánicos y minerales	NE	1,9	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	54,0
4(II).A.1	Tierras forestales que permanecen como tales	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE
4(II).A.2	Tierras convertidas a tierras forestales	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE
4(II).B.1	Tierras de cultivo que permanecen como tales	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE
4(II).B.2	Tierras convertidas a tierras de cultivo	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE
4(II).C.1.	Pastizales que permanecen como tales	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE
4(II).C.2.	Tierras convertidas a pastizales	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE
4(II).D.	Humedales	IE	1,9	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	54,0
4(II).D.1.	Humedales que permanecen como tales	IE	1,9	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	54,0
4(II).D.1.a.	Humedales que permanecen como tales-Extracción de turba que permanece como extracción de turba	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE

Código	Categorías de fuente y sumidero de GEI	CO_2 neto (kt)	CH_4 (kt)	N_2O (kt)	NH_3 (kt)	NO_X (kt)	SO_X (kt)	SO_2 (kt)	CO (kt)	COVDM (kt)	CN (kt)	PM_{10} (kt)	$PM_{2.5}$ (kt)	Total de GEI (kt CO2 eq)
4(II).D.1.b.	Humedales que permanecen como tales-Tierras inundadas que permanecen como tales	IE	1,9	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	54,0
4(II).D.1.c.	Humedales que permanecen como tales-Otros humedales que permanecen como otros humedales	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE
4(II).D.2.	Tierras convertidas a humedales	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE
4(II).E.1	Asentamientos que permanecen como tales	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE
4(II).E.2	Tierras convertidas a asentamientos	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE
4(II).F.2	Tierras convertidas a otras tierras	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE
4(II).H.	Otro	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
4(III).A.	Tierras forestales	IE,NE	IE,NE	IE,NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	IE,NE
4(III).A.1.	Tierras forestales que permanecen como tales	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE
4(III).B.2.c.	Tierras convertidas a tierras de cultivo-Humedales convertidos a tierras de cultivo	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE
4(III).C.1.	Pastizales que permanecen como tales	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE
4(III).D.1.	Humedales que permanecen como tales	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE
4(III).E.1.	Asentamientos que permanecen como tales	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE

Código	Categorías de fuente y sumidero de GEI	CO_2 neto (kt)	CH_4 (kt)	N_2O (kt)	NH_3 (kt)	NO_X (kt)	SO_X (kt)	SO_2 (kt)	CO (kt)	COVDM (kt)	CN (kt)	PM_{10} (kt)	$PM_{2.5}$ (kt)	Total de GEI (kt CO2 eq)
4(III).F.2.a.	Tierras convertidas a otras tierras-Tierras forestales convertidas a otras tierras	IE	IE	IE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	IE
4(III).F.2.b.	Tierras convertidas a otras tierras-Tierras de cultivo convertidas a otras tierras	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE
4(III).F.2.c.	Tierras convertidas a otras tierras-Pastizales convertidos a otras tierras	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE
4(III).F.2.d.	Tierras convertidas a otras tierras-Humedales convertidos a otras tierras	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE
4(III).F.2.e.	Tierras convertidas a otras tierras-Asentamientos convertidos a otras tierras	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE
4(IV).	Quema de biomasa	NA	3,43	0,10	NE	1,76	NE	0,35	52,85	5,29	0,41	5,58	4,56	122,89
4(IV).A.	Tierras forestales	NA	3,42	0,10	NE	1,74	NE	0,35	52,15	5,21	0,41	5,53	4,53	122,40
4(IV).A.1.	Tierras forestales que permanecen como tales	NA	3,42	0,10	NE	1,74	NE	0,35	52,15	5,21	0,41	5,53	4,53	122,40
4(IV).A.1.a.	Tierras forestales que permanecen como tales-Quema controlada	NA	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
4(IV).A.1.b.	Tierras forestales que permanecen como tales-Incendios forestales	NA	3,42	0,10	NE	1,74	NE	0,35	52,15	5,21	0,41	5,53	4,53	122,40
4(IV).A.2.	Tierras convertidas en tierras forestales	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

Código	Categorías de fuente y sumidero de GEI	CO_2 neto (kt)	CH_4 (kt)	N_2O (kt)	NH_3 (kt)	NO_X (kt)	SO_X (kt)	SO_2 (kt)	CO (kt)	COVDM (kt)	CN (kt)	PM_{10} (kt)	$PM_{2.5}$ (kt)	Total de GEI (kt CO2 eq)
4(IV).A.2.a.	Tierras convertidas en tierras forestales-Quema controlada	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
4(IV).A.2.b.	Tierras convertidas en tierras forestales-Incendios forestales	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
4(IV).B.	Tierras de cultivo	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
4(IV).B.1.	Tierras de cultivo que permanecen como tales	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
4(IV).B.1.a.	Tierras de cultivo que permanecen como tales-Quema controlada	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
4(IV).B.1.b.	Tierras de cultivo que permanecen como tales-Incendios forestales	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
4(IV).B.2.	Tierras convertidas a tierras de cultivo	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
4(IV).B.2.a.	Tierras convertidas a tierras de cultivo-Quema controlada	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
4(IV).B.2.b.	Tierras convertidas a tierras de cultivo-Incendios forestales	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
4(IV).C.	Pastizales	IE	0,00941	0,00086	NE	0,02347	NE	0,00469	0,70395	0,07040	0,00331	0,04502	0,03683	0,49130
4(IV).C.1.	Pastizales que permanecen como tales	IE	0,00941	0,00086	NE	0,02347	NE	0,00469	0,70395	0,07040	0,00331	0,04502	0,03683	0,49130
4(IV).C.1.a.	Pastizales que permanecen como tales-Quema controlada	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE

Código	Categorías de fuente y sumidero de GEI	CO_2 neto (kt)	CH_4 (kt)	N_2O (kt)	NH_3 (kt)	NO_X (kt)	SO_X (kt)	SO_2 (kt)	CO (kt)	COVDM (kt)	CN (kt)	PM_{10} (kt)	$PM_{2.5}$ (kt)	Total de GEI (kt CO2 eq)
4(IV).C.1.b.	Pastizales que permanecen como tales-Incendios forestales	IE	0,0094	0,0009	NE	0,0235	NE	0,0047	0,7040	0,0704	0,0033	0,0450	0,0368	0,4913
4(IV).C.2.	Tierras convertidas en Pastizales	IE	IE	IE	NE	IE	NE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
4(IV).C.2.a.	Tierras convertidas en Pastizales-Quema controlada	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
4(IV).C.2.b.	Tierras convertidas en Pastizales-Incendios forestales	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
4(IV).D.	Humedales	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
4(IV).D.1.	Humedales que permanecen como tales	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
4(IV).D.1.a.	Humedales que permanecen como tales-Quema controlada	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
4(IV).D.1.b.	Humedales que permanecen como tales-Incendios forestales	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
4(IV).D.2.	Tierras convertidas en humedales	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
4(IV).D.2.a.	Tierras convertidas en humedales-Quema controlada	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
4(IV).D.2.b.	Tierras convertidas en humedales-Incendios forestales	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
4(IV).E.	Asentamientos	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
4(IV).E.1.	Asentamientos que permanecen como tales	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE

Código	Categorías de fuente y sumidero de GEI	CO_2 neto (kt)	CH_4 (kt)	N_2O (kt)	NH_3 (kt)	NO_X (kt)	SO_x (kt)	SO_2 (kt)	CO (kt)	COVDM (kt)	CN (kt)	PM_{10} (kt)	$PM_{2.5}$ (kt)	Total de GEI (kt CO2 eq)
4(IV).E.1.a.	Asentamientos que permanecen como tales-Quema controlada	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
4(IV).E.1.b.	Asentamientos que permanecen como tales-Incendios forestales	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
4(IV).E.2.	Tierras convertidas en Asentamientos	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
4(IV).E.2.a.	Tierras convertidas en Asentamientos-Quema controlada	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
4(IV).E.2.b.	Tierras convertidas en Asentamientos-Incendios forestales	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
4(IV).F.	Otras tierras	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
4(IV).F.2.	Tierras convertidas en Otras tierras.	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
4(IV).F.2.a.	Tierras convertidas en Otras tierras-Quema controlada	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
4(IV).F.2.b.	Tierras convertidas en Otras tierras-Incendios forestales	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
4(IV).H.	Otro	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO

Nota: utilice las siguientes claves de notación cuando no disponga de datos numéricos: NA = No aplica; NE = No estimado; NO = No ocurre; IE = Incluido en otro lugar; C = confidencial.

Fuente: Elaboración propia con base en la hoja Table1 de los CRT del sector LULUCF. En el caso 4.A.2. según la CRT se encuentra calculado en la CRT en la subcategoría 4.A.2.a y en las demás subcategorías como IE.

Asimismo, se reportan emisiones de carbono negro (CN) y contaminantes criterio, incluyendo NO_x, SO_2, CO, COVDM, PM_{10} y $PM_{2.5}$, asociadas a las actividades de incendios forestales y quema de biomasa consideradas dentro de la categoría 4(IV) (EEA, 2019).

Durante 2024, el sector LULUCF representó el 27,4 % de las emisiones netas nacionales de gases de efecto invernadero (GEI), constituyéndose como el segundo sector con mayor contribución al total nacional, después del sector Energía (38,1 %). Esta participación refleja la importancia de las dinámicas de uso y cambio de uso de la tierra, así como de las variaciones en las existencias de carbono de los ecosistemas terrestres, dentro del balance nacional de emisiones y absorciones de GEI.

La participación del sector LULUCF en el total nacional de emisiones netas ha variado a lo largo de la serie temporal como resultado de la evolución conjunta de las emisiones del propio sector y de los demás sectores del Inventario Nacional de GEI. Estas variaciones reflejan principalmente los cambios en la dinámica de uso y cambio de uso de la tierra, particularmente los asociados a la deforestación, la regeneración de coberturas naturales y las variaciones en las emisiones asociadas a la categoría 4(IV). Quema de biomasa.

Tabla 6-2. Sector LULUCF: Emisiones totales de GEI por categoría y subcategoría (kt CO_2eq)

Categoría	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
4.A. Tierras forestales	**75.472,1**	**74.394,3**	**58.917,2**	**40.887,7**	**35.541,4**	**33.474,0**	**57.687,9**	**56.765,2**	**43.954,8**	**35.819,7**	**45.910,0**
4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	75.597,2	75.145,4	60.294,0	43.101,8	38.072,3	35.402,9	59.169,9	58.122,6	45.191,6	36.860,4	46.754,5
4.A.2. Tierras convertidas a tierras forestales	-125,2	-751,0	-1.376,9	-2.214,1	-2.530,9	-1.928,9	-1.482,0	-1.357,3	-1.236,8	-1.040,7	-844,5
4.B. Tierras de cultivo	**10.844,9**	**11.867,6**	**6.927,2**	**2.912,7**	**3.331,8**	**1.308,4**	**319,5**	**360,8**	**826,6**	**1.617,6**	**1.751,3**
4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	733,1	851,1	802,6	783,4	1.239,5	67,4	-302,5	-266,6	284,2	1.200,2	1.295,6
4.B.2. Tierras convertidas a tierras de cultivo	10.111,8	11.016,4	6.124,6	2.129,4	2.092,3	1.240,9	622,0	627,5	542,4	417,4	455,7
4.C. Pastizales	**30.966,3**	**33.591,2**	**34.984,7**	**34.565,6**	**28.463,3**	**24.408,9**	**36.892,3**	**36.807,0**	**26.082,7**	**18.390,5**	**25.645,9**
4.C.1. Pastizales que permanecen como tales	2.487,2	2.250,7	2.318,7	-265,4	-450,7	-1.629,7	-2.175,9	-3.197,3	-3.197,3	-3.197,3	-3.197,3
4.C.2. Tierras convertidas a pastizales	28.479,1	31.340,5	32.666,0	34.831,0	28.913,9	26.038,6	39.068,1	40.004,2	29.279,9	21.587,7	28.843,1
4.D. Humedales	**986,9**	**1.067,6**	**941,0**	**2.462,2**	**2.315,9**	**862,1**	**1.624,0**	**1.650,7**	**1.555,3**	**1.139,7**	**1.177,0**
4.D.1 Humedales que permanecen como tales	100,0	101,6	87,8	94,9	19,9	29,2	143,8	156,7	139,1	147,8	137,4
4.D.2. Tierras convertidas a humedales	886,9	966,0	853,1	2.367,3	2.296,0	832,8	1.480,2	1.493,9	1.416,2	991,8	1.039,6
4.E. Asentamientos	**685,4**	**789,3**	**548,7**	**284,0**	**235,8**	**123,3**	**95,1**	**95,9**	**72,3**	**50,0**	**63,3**
4.E.1. Asentamientos que permanecen como tales	4,0	1,2	-1,6	-4,5	-7,9	-8,4	-14,9	-15,8	-16,3	-16,8	-17,2
4.E.2. Tierras convertidas a asentamientos	681,4	788,2	550,3	288,5	243,7	131,7	110,0	111,8	88,6	66,7	80,5
4.F. Otras tierras	**551,5**	**654,0**	**497,4**	**290,1**	**609,3**	**426,1**	**835,8**	**878,5**	**805,3**	**598,4**	**673,3**
4.F.2. Tierras convertidas a otras tierras	551,5	654,0	497,4	290,1	609,3	426,1	835,8	878,5	805,3	598,4	673,3

Categoría	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
4.G. Productos de la madera recolectada (Consumo doméstico)	**-2,9**	**-51,5**	**172,0**	**89,2**	**-279,3**	**-87,6**	**316,6**	**368,9**	**361,3**	**352,4**	**344,2**
4.G.1. Madera maciza	-68,7	79,1	104,3	217,4	-122,0	28,3	264,7	361,4	355,0	347,9	341,0
4.G.2. Papel y cartón	65,8	-130,6	67,8	-128,2	-157,3	-115,8	51,9	7,5	6,3	4,4	3,1
4.(II). Emisiones y absorciones provenientes del drenaje y rehumedecimiento y otros manejos de suelos orgánicos y minerales	**25,2**	**26,1**	**20,6**	**20,1**	**4,2**	**8,9**	**54,8**	**60,0**	**53,0**	**56,4**	**54,0**
4(II).D. Humedales	25,2	26,1	20,6	20,1	4,2	8,9	54,8	60,0	53,0	56,4	54,0
4(II).D.1.b. Tierras inundadas que permanecen como tales	25,2	26,1	20,6	20,1	4,2	8,9	54,8	60,0	53,0	56,4	54,0
4(IV). Quema de biomasa	**524,7**	**377,1**	**419,5**	**91,8**	**615,7**	**450,4**	**39,7**	**49,3**	**264,2**	**215,4**	**122,9**
4(IV).A. Tierras forestales	477,9	343,4	382,1	76,2	565,5	448,4	35,5	48,8	263,7	214,9	122,4
4(IV).C. Pastizales	46,8	33,6	37,4	15,6	50,2	2,0	4,1	0,5	0,5	0,5	0,5
4. Silvicultura, uso y cambio de uso de la tierra	**120.054,1**	**122.715,8**	**103.428,2**	**81.603,3**	**70.838,1**	**60.974,4**	**97.865,7**	**97.036,3**	**73.975,5**	**58.240,1**	**75.741,8**

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 6-2 presenta la evolución de las emisiones y absorciones netas del sector LULUCF para el periodo 1990–2024. Durante este periodo, el balance neto de emisiones y absorciones del sector ha estado determinado principalmente por los procesos de cambio de uso de la tierra, especialmente por la conversión de bosques naturales hacia otras categorías de uso, así como por las absorciones derivadas del crecimiento de la biomasa y el almacenamiento de carbono en los ecosistemas gestionados. Para el año 2024, el sector registró emisiones netas de 75.741,8 kt CO_2eq.

En 2024, las categorías 4.A. Tierras forestales y 4.C. Pastizales constituyeron las principales fuentes de emisiones netas del sector LULUCF. La categoría 4.A. Tierras forestales registró 45.910,0 kt CO_2eq, equivalente al 60,6 % del total sectorial, mientras que la categoría 4.C. Pastizales aportó 25.645,9 kt CO_2eq, correspondientes al 33,9 %. En conjunto, estas dos categorías representaron el 94,5 % de las emisiones netas reportadas para el sector durante 2024.

Las demás categorías presentaron contribuciones inferiores al 3 % del total sectorial. Las tierras de cultivo aportaron el 2,3 %, seguidas por los humedales (1,6 %), otras tierras (0,9 %), los productos de madera recolectada (0,5 %), la categoría 4(IV) Quema de biomasa (0,2 %) y la categoría 4(II) Emisiones y absorciones provenientes del drenaje, rehumedecimiento y otros manejos de suelos orgánicos y minerales (0,1 %).

Los principales impulsores de las emisiones netas del sector correspondieron a la subcategoría 4.A.1.b, con 24.177,0 kt CO_2eq, y a la conversión de tierras forestales a pastizales (4.C.2.a), con 28.806,4 kt CO_2eq. Estas subcategorías reflejan la relevancia de los procesos de pérdida de biomasa forestal y de cambio de uso de la tierra en la dinámica de emisiones del sector.

En comparación con 2021, último año reportado en el BTR1, las emisiones netas del sector disminuyeron principalmente como resultado de la reducción observada en las categorías de tierras forestales y pastizales durante los años posteriores. No obstante, en 2024 se registra un incremento respecto a 2023, asociado a las variaciones observadas en los procesos de cambio de uso de la tierra y en las emisiones asociadas a la categoría 4(IV). Quema de biomasa.

La evolución de la serie temporal evidencia una tendencia general de disminución de las emisiones netas del sector entre 1990 y 2024. Durante este periodo, las emisiones netas pasaron de 120.054,1 kt CO_2eq en 1990 a 75.741,8 kt CO_2eq en 2024, lo que representa una reducción del 36,9 %. Esta tendencia estuvo determinada principalmente por las variaciones registradas en las categorías de tierras forestales y pastizales, que concentran la mayor proporción de las emisiones netas sectoriales.

Asimismo, la serie presenta fluctuaciones interanuales significativas. Después de los incrementos observados en 2020 y 2021, las emisiones netas disminuyeron durante 2022 y 2023, para registrar nuevamente un aumento en 2024. Estas variaciones reflejan principalmente los cambios en las dinámicas de uso y cambio de uso de la tierra, particularmente las conversiones de tierras forestales hacia otros usos y las fluctuaciones observadas en la categoría 4(IV). Quema de biomasa.

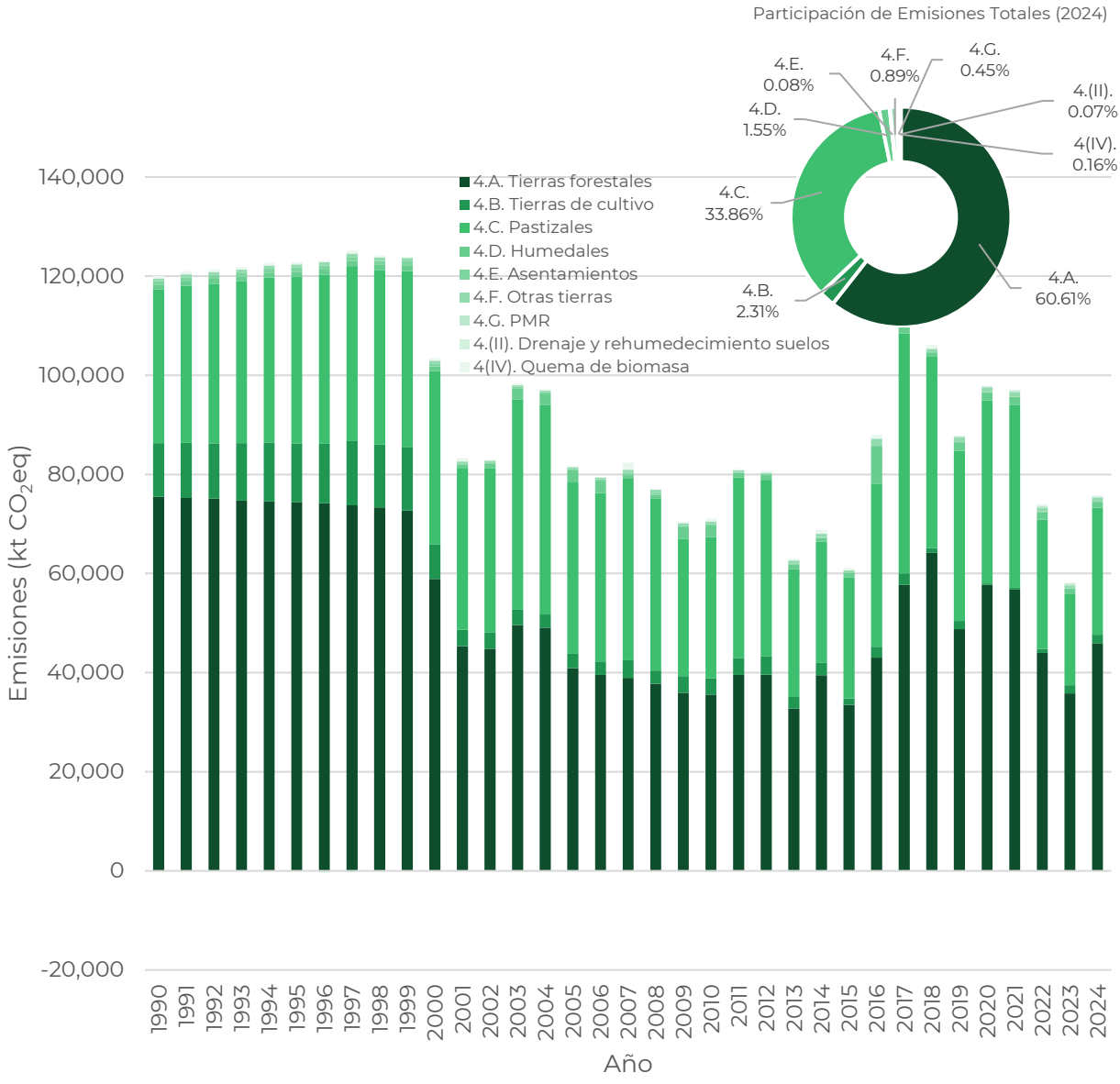


Figura 6-2. Sector LULUCF: Emisiones de GEI por categoría (kt CO2eq), 1990-2024. Nota: PMR: Productos de madera recolectada.

Fuente: Elaboración propia.

Se observa que las categorías de tierras forestales y pastizales han determinado históricamente el comportamiento de las emisiones netas del sector, concentrando la mayor parte de las emisiones reportadas a lo largo de toda la serie temporal. En consecuencia, las fluctuaciones observadas en el balance neto sectorial se

encuentran estrechamente asociadas a las variaciones registradas en estas dos categorías. En términos generales, la evolución histórica del sector LULUCF ha estado determinada principalmente por los procesos de cambio de uso de la tierra asociados a las categorías de tierras forestales y pastizales, las cuales concentran la mayor proporción de las emisiones netas reportadas durante la serie temporal. De igual forma, las absorciones asociadas al crecimiento de la biomasa en tierras forestales, cultivos permanentes, sistemas productivos con componente arbóreo y áreas en proceso de recuperación han contribuido de manera significativa a reducir el balance neto de emisiones del sector. La evolución observada a lo largo del periodo 1990–2024 refleja la sensibilidad del sector frente a las dinámicas de uso y cobertura de la tierra, particularmente aquellas relacionadas con la conversión de áreas forestales hacia otros usos y con los cambios en las existencias de carbono de la vegetación.

La Figura 6-3 presenta la evolución de las absorciones de CO_2 del sector LULUCF por categoría de uso de la tierra durante el periodo 1990–2024, así como su distribución porcentual para el año 2024. En términos generales, se observa una tendencia creciente de las absorciones a lo largo de la serie temporal, aunque con fluctuaciones interanuales asociadas a las variaciones en las coberturas y los procesos de uso y cambio de uso de la tierra. Las absorciones aumentan desde aproximadamente 5.800 kt CO_2 en 1990 hasta valores superiores a 20.000 kt CO_2 en los años más recientes.

Las absorciones del sector estuvieron asociadas principalmente a las categorías de tierras de cultivo, tierras forestales y pastizales, las cuales concentraron la mayor parte de las remociones de carbono registradas durante todo el periodo analizado. Este comportamiento refleja la contribución de los cultivos permanentes, las coberturas forestales y otros sistemas con vegetación leñosa al incremento de las existencias de carbono en la biomasa viva, la materia orgánica muerta y el carbono orgánico del suelo. Para 2024, las tierras de cultivo representaron el 45,61 % de las absorciones totales del sector, seguidas por las tierras forestales con el 29,35 % y los pastizales con el 23,88 %. En conjunto, estas tres categorías concentraron el 98,84 % de las absorciones registradas. Por su parte, los humedales y los asentamientos presentaron contribuciones menores, equivalentes al 1,08 % y 0,09 %, respectivamente. Los resultados evidencian la importancia de las categorías forestales y productivas en el balance de GEI del sector LULUCF, al constituir los principales sumideros de carbono reportados en el inventario nacional. En consecuencia, las variaciones observadas en estas categorías desempeñan un papel determinante en la evolución de las absorciones y en la reducción del balance neto de emisiones del sector a lo largo de la serie temporal.

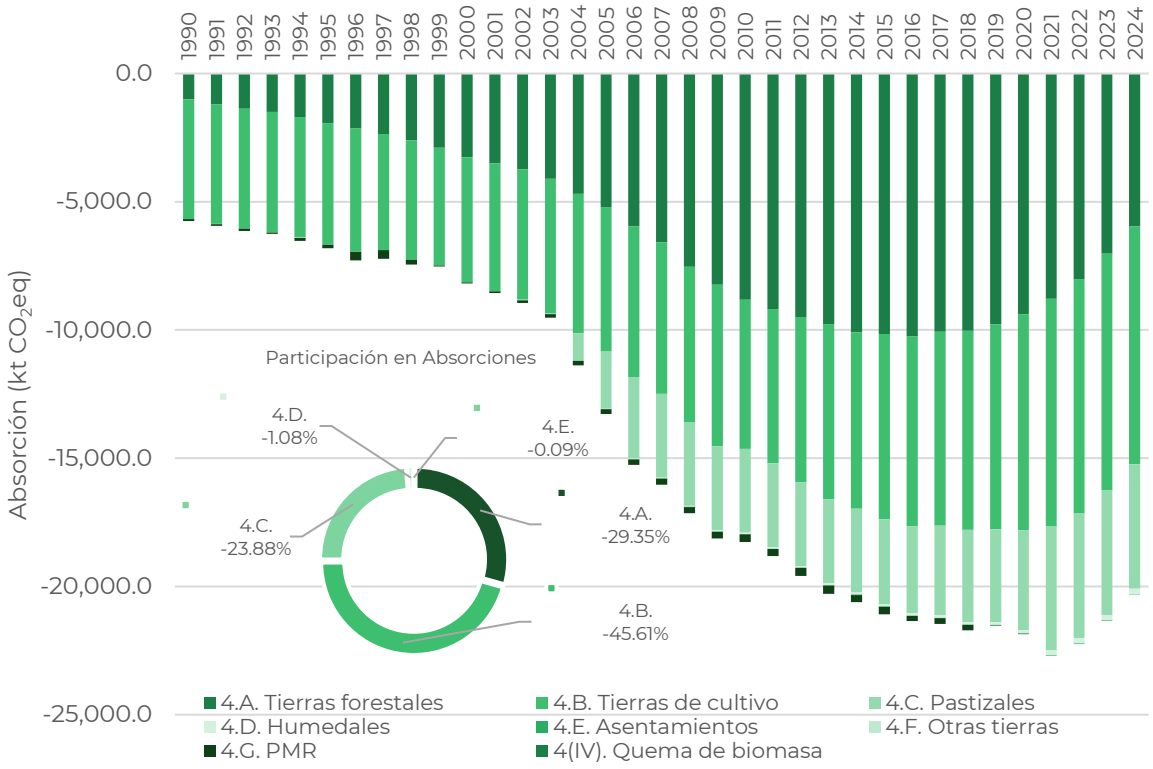


Figura 6-3. Sector LULUCF: Absorciones de GEI por categoría (kt CO2eq), 1990-2024.

Nota: Los valores negativos corresponden a absorciones o remociones de CO_2 de la atmósfera. La gráfica de anillo muestra la distribución porcentual de las absorciones totales del sector LULUCF para el año 2024. : PMR: Productos de madera recolectada.

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 6-3 presenta la contribución de los diferentes gases de efecto invernadero al balance del sector LULUCF durante el periodo 1990–2024. Los resultados muestran que el CO_2 constituye el principal gas reportado a lo largo de toda la serie temporal, siendo responsable de la mayor parte de las emisiones y absorciones registradas en el sector. En contraste, las emisiones de CH_4 y N_2O presentan una contribución considerablemente menor, asociada principalmente a las categorías 4(II) Humedales y 4(IV) Quema de biomasa, de acuerdo con la estructura de reporte del inventario.

Para el año 2024, las emisiones de CO_2 representaron el 64,2 % del balance sectorial expresado en CO_2 equivalente, mientras que las absorciones de este mismo gas correspondieron al 30,4 %. Por su parte, las emisiones de CH_4 y N_2O aportaron el 3,5 % y el 1,8 %, respectivamente. En conjunto, estos resultados evidencian que la dinámica del sector LULUCF está determinada principalmente por las emisiones y absorciones de CO_2 asociadas a los cambios en las existencias de carbono de la biomasa, la materia orgánica muerta y los suelos.

No aplican las emisiones de hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) ni hexafluoruro de azufre (SF_6), dado que estos gases no se generan en las categorías de reporte del sector LULUCF.

Tabla 6-3. Sector LULUCF: Emisiones totales por cada GEI (kt CO2eq)

GEI	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
CO_2 neto	119.504,1	122.312,7	102.988,1	81.491,5	70.218,1	60.515,1	97.771,2	96.927,0	73.658,3	57.968,3	75.564,9
CH_4	424,2	312,8	339,5	88,0	473,5	360,7	84,9	98,4	259,6	224,8	150,0
N_2O	125,8	90,4	100,5	23,8	146,4	98,6	9,7	10,9	57,7	47,0	26,9
HFC	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
PFC	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Mezclas no específicas de HFC y PFC	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
SF_6	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
NF_3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Total	**120.054,1**	**122.715,8**	**103.428,2**	**81.603,3**	**70.838,1**	**60.974,4**	**97.865,7**	**97.036,3**	**73.975,5**	**58.240,1**	**75.741,8**

Nota: utilice las siguientes claves de notación cuando no disponga de datos numéricos: NA = no aplica; NE = no estimado; NO = no ocurre; IE = incluido en otro lugar; C = confidencial.

Fuente: Elaboración propia

La Figura 6-4 presenta la evolución temporal de las emisiones netas de CO_2 y de las emisiones de CH_4 y N_2O del sector LULUCF para el periodo 1990–2024.

Durante toda la serie temporal, las emisiones de GEI del sector estuvieron dominadas por el dióxido de carbono (CO_2), gas asociado principalmente a las variaciones en las existencias de carbono de la biomasa viva, la materia orgánica muerta y el carbono orgánico del suelo derivados de la gestión y los cambios de uso de la tierra. En consecuencia, la evolución de las emisiones netas sectoriales refleja fundamentalmente el comportamiento de este gas.

Para 2024, las emisiones netas de CO_2 alcanzaron 75.564,9 kt CO_2eq, equivalentes al 99,77 % del total de GEI reportados por el sector. Por su parte, las emisiones de CH_4 y N_2O representaron 150,0 kt CO_2eq (0,20 %) y 26,9 kt CO_2eq (0,04 %), respectivamente.

Las emisiones de CH_4 estuvieron asociadas principalmente a la categoría 4(II) Humedales y a la categoría 4(IV) Quema de biomasa, mientras que las emisiones de N_2O se originaron principalmente en las subcategorías de incendios forestales y quema de biomasa. Aunque estos gases presentan variaciones interanuales a lo largo de la serie, su contribución al balance neto de emisiones y absorciones del sector resulta reducida en comparación con la del CO_2.

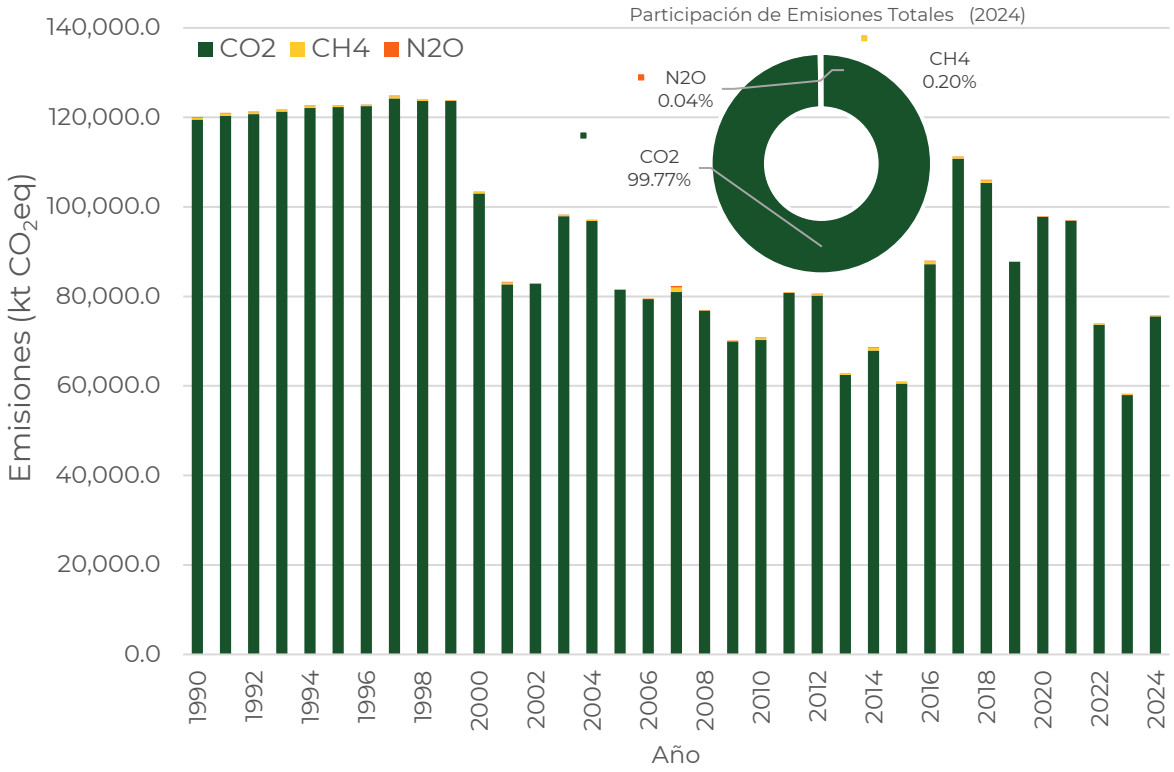


Figura 6-4. Sector LULUCF: Emisiones totales por cada GEI (kt CO2 eq), 1990-2024

Fuente: Elaboración propia

Las emisiones netas de CO_2 estuvieron asociadas principalmente a la degradación de tierras forestales (24.177,0 kt CO_2eq) y a la conversión de tierras forestales a pastizales (28.806,4 kt CO_2eq), subcategorías que constituyeron los principales impulsores de las emisiones netas del sector en 2024. Por otra parte, las absorciones registradas en tierras convertidas a tierras forestales, plantaciones forestales y algunos cultivos permanentes contribuyeron a compensar parcialmente dichas emisiones.

Las emisiones de CH_4 estuvieron asociadas principalmente a la categoría 4(IV). Quema de biomasa, particularmente a los incendios forestales reportados en tierras forestales, así como a las emisiones provenientes de tierras inundadas que permanecen como tales, correspondientes a embalses destinados a generación hidroeléctrica. Por su parte, las emisiones de N_2O se originaron principalmente en la categoría 4(IV). Quema de biomasa.

Entre 1990 y 2024, las emisiones netas de CO_2 disminuyeron de 119.504,1 kt CO_2eq a 75.564,9 kt CO_2eq, lo que representa una reducción del 36,8 %. Durante el mismo periodo, las emisiones de CH_4 disminuyeron un 64,6 %, pasando de 424,2 kt CO_2eq a 150,0 kt CO_2eq, mientras que las emisiones de N_2O disminuyeron un 78,6 %, pasando de 125,8 kt CO_2eq a 26,9 kt CO_2eq. Estas variaciones reflejan principalmente los cambios observados en las dinámicas de uso de la tierra y en las existencias de carbono asociadas a las categorías de tierras forestales y pastizales, así como las fluctuaciones registradas en las emisiones provenientes de embalses, incendios forestales y quema de biomasa.

Respecto al último año reportado en el inventario anterior (2021), las emisiones netas de CO_2 disminuyeron un 22,0 %, pasando de 96.927,0 kt CO_2eq a 75.564,9 kt CO_2eq en 2024. En contraste, las emisiones de CH_4 aumentaron un 52,4 %, al pasar de 98,4 kt CO_2eq a 150,0 kt CO_2eq, mientras que las emisiones de N_2O aumentaron un 146,8 %, pasando de 10,9 kt CO_2eq a 26,9 kt CO_2eq. Estas variaciones estuvieron asociadas principalmente a la reducción de las emisiones netas derivadas de los cambios en el uso de la tierra y a un incremento de las emisiones asociadas a incendios forestales y quema de biomasa entre ambos años de reporte.

La evolución temporal muestra que las variaciones observadas en el balance de GEI del sector están determinadas principalmente por el comportamiento de las emisiones netas de CO_2, debido a su contribución predominante al total sectorial. Se observa una reducción general de las emisiones netas entre mediados de la década de 1990 y 2015, seguida por un incremento en 2020 y 2021, una disminución durante 2022 y 2023 y un nuevo aumento en 2024. Las emisiones de CH_4 y N_2O presentan una contribución considerablemente menor y

muestran fluctuaciones interanuales asociadas principalmente a la categoría 4(IV). Quema de biomasa y a las emisiones provenientes de tierras inundadas.

No aplican las estimaciones emisiones de HFC, PFC, mezclas no específicas de HFC y PFC, SF_6 ni NF_3 para el sector LULUCF durante el periodo analizado. De acuerdo con las Tablas de Reporte Común (CRT), estas sustancias no aplican para las categorías estimadas dentro del sector y se reportan mediante las claves de notación correspondientes (UNFCCC, 2024).

En términos generales, la evolución de los GEI del sector LULUCF continúa estando dominada por el comportamiento del CO_2, cuya contribución representa prácticamente la totalidad de las emisiones netas reportadas. Los resultados evidencian que las dinámicas de uso de la tierra y las variaciones en las existencias de carbono continúan siendo los principales factores que explican la evolución de las emisiones del sector a lo largo de la serie temporal.

Tabla 6-4. Sector LULUCF: Emisiones de carbono negro y contaminantes criterio (kt)

Contaminante	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
NO_x	6,3	4,5	5,0	1,9	8,6	6,5	0,6	0,7	3,9	3,2	1,8
NH_3	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
CO	188,3	135,3	150,5	55,9	258,7	194,9	16,7	22,0	117,3	95,4	52,9
COVDM	18,8	13,5	15,1	5,6	25,9	19,5	1,7	2,2	11,7	9,5	5,3
CN	1,9	1,4	1,5	0,4	2,2	1,5	0,1	0,2	0,9	0,7	0,4
SO_X	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
SO_2	1,3	0,9	1,0	0,4	1,7	1,3	0,1	0,1	0,8	0,6	0,4
PM_{10}	25,9	18,6	20,7	4,9	30,2	20,5	2,0	2,3	12,0	9,8	5,6
$PM_{2.5}$	21,2	15,2	16,9	4,0	24,7	16,7	1,6	1,8	9,8	8,0	4,6

Nota: utilice las siguientes claves de notación cuando no disponga de datos numéricos: NA = no aplica; NE = no estimado; NO = no ocurre; IE = incluido en otro lugar; C = confidencial.

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 6-4 muestra que el monóxido de carbono (CO) fue el principal contaminante criterio emitido por el sector LULUCF durante el periodo 1990–2024. Las emisiones de contaminantes criterio y carbono negro del sector se encuentran asociadas exclusivamente a los procesos de combustión de biomasa reportados en la categoría 4(IV). Quema de biomasa (EEA, 2019). En consecuencia, su evolución temporal refleja principalmente las variaciones en la ocurrencia e intensidad de los incendios forestales y otras quemas de vegetación registradas durante el periodo 1990–2024.

Las emisiones de carbono negro (CN) y contaminantes criterio reportadas en el sector LULUCF se encuentran asociadas exclusivamente a las categorías de incendios y quema de biomasa. En 2024, el monóxido de carbono (CO) constituyó la principal sustancia emitida, con 52,9 kt, equivalente al 74,5 % del total de contaminantes estimados para el sector. Le siguieron PM_{10} con 5,6 kt (7,9 %), COVDM con 5,3 kt (7,5 %), $PM_{2.5}$ con 4,6 kt (6,5 %), NO_x con 1,8 kt (2,5 %) y, finalmente, SO_2 y carbono negro, ambos con 0,4 kt, equivalentes aproximadamente al 0,6 % del total estimado.

Entre 1990 y 2024, todas las sustancias reportadas presentaron una disminución de sus emisiones. Las mayores reducciones se observaron para el carbono negro, PM_{10} y $PM_{2.5}$, con disminuciones del 78,9 %, 78,4 % y 78,3 %, respectivamente. Asimismo, las emisiones de CO, COVDM y NO_x disminuyeron aproximadamente un 72 %, mientras que las emisiones de SO_2 se redujeron un 69,2 % durante el mismo periodo.

Respecto al año 2021, correspondiente al último año reportado en el inventario anterior, se observa un incremento en todas las sustancias analizadas. Las emisiones de NO_x aumentaron un 157,1 %, las de CO un 140,5 %, las de COVDM un 140,9 %, las de carbono negro un 100,0 %, las de SO_2 un 300,0 %, las de PM_{10} un 143,5 % y las de $PM_{2.5}$ un 155,6 %. Estas variaciones reflejan principalmente el incremento de las emisiones asociadas a incendios forestales y quema de biomasa registradas entre ambos años de reporte.

La Figura 6-5 muestra una tendencia general de reducción de las emisiones entre 1990 y 2024, con fluctuaciones interanuales asociadas principalmente a la ocurrencia e intensidad de incendios forestales y otras quemas de vegetación. Se observan incrementos notorios alrededor de 2010 y nuevamente durante 2022 y 2024, lo que evidencia la alta sensibilidad de estas emisiones a la variabilidad de los eventos de combustión de biomasa.

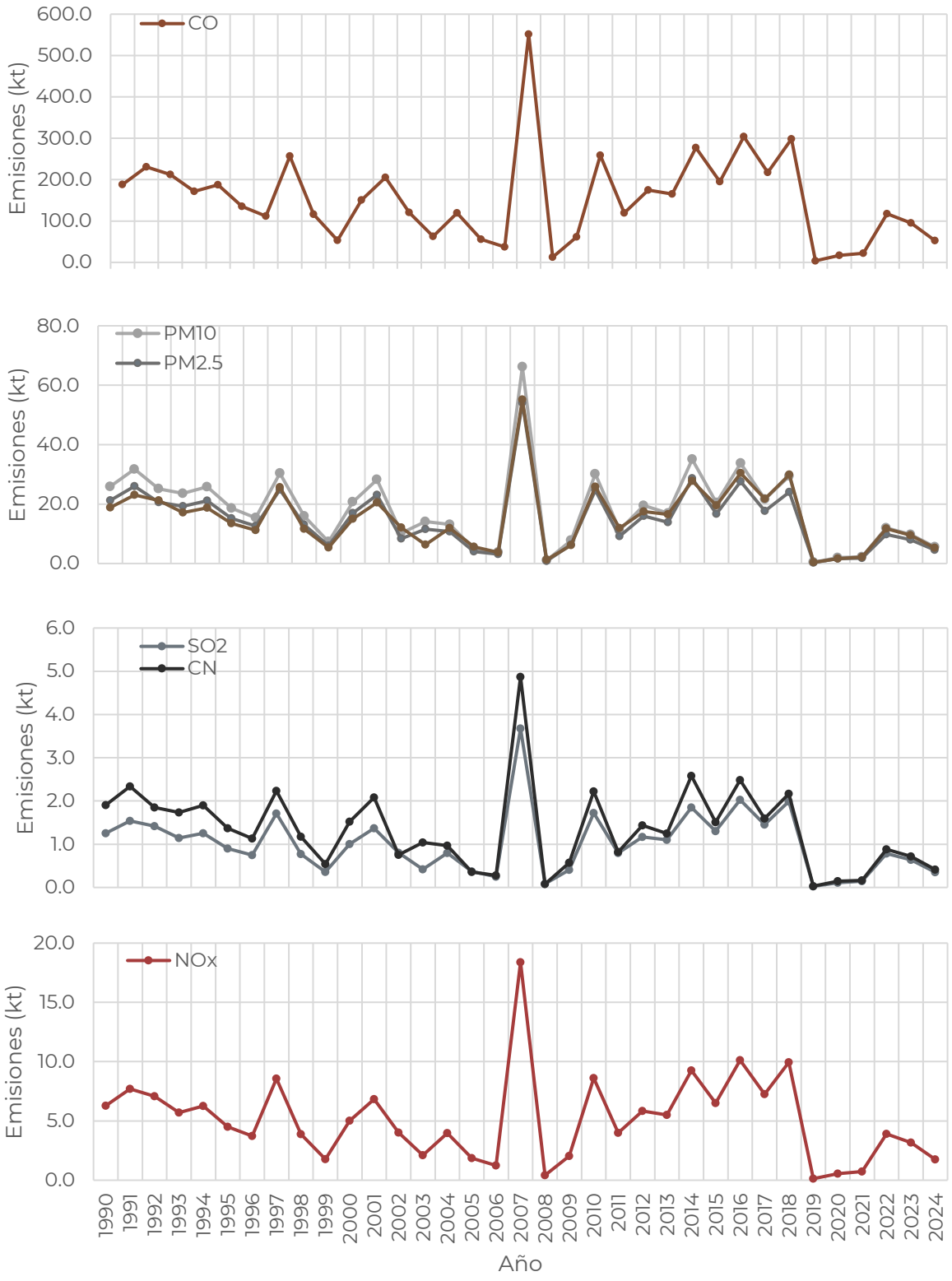


Figura 6-5. Sector LULUCF: Emisiones totales de carbono negro y contaminantes criterio (kt), 1990-2024

Fuente: Elaboración propia.

En términos generales, la evolución del carbono negro y de los contaminantes criterio en el sector LULUCF está determinada por las emisiones provenientes de la categoría 4(IV). Quema de biomasa, siendo el monóxido de carbono (CO) la sustancia con mayor contribución durante toda la serie temporal. No se estimaron emisiones de NH_3 y las emisiones de SO_x se reportan mediante las claves de notación correspondientes, de acuerdo con las categorías actualmente estimadas para el sector ((EEA), 2019; (UNFCCC), 2024).

Las categorías 4(I) y 4(III) fueron revisadas durante el proceso de compilación del inventario. Sin embargo, para el año de reporte estas categorías se encuentran reportadas como NE, NO o IE en las tablas de reporte común (CRT), por lo que no se desarrollan en detalle en el presente informe.

6.1.3 Aspectos metodológicos generales del sector

Las estimaciones del sector fueron desarrolladas siguiendo las Directrices del IPCC de 2006 para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero y, para aquellas categorías en las que resultó aplicable, las orientaciones contenidas en el Refinamiento de las Directrices del IPCC de 2019. Para las diferentes categorías se aplicaron métodos de nivel 1 (Tier 1) y nivel 2 (Tier 2), de acuerdo con los árboles de decisión establecidos por el IPCC y la disponibilidad de información nacional (IPCC, 2006, IPCC, 2019).

Los datos de actividad utilizados provienen principalmente de información nacional relacionada con coberturas y cambios de uso de la tierra, inventarios forestales, estadísticas agropecuarias, registros de plantaciones forestales comerciales, sistemas silvopastoriles, cultivos permanentes, embalses destinados a generación hidroeléctrica y otras fuentes oficiales empleadas en la elaboración del inventario. Para las categorías asociadas a cambios de uso de la tierra se utilizaron principalmente productos derivados del análisis de imágenes satelitales y de los sistemas nacionales de monitoreo (Castellanos, 2021a; Ideam, 2024).

Las estimaciones de emisiones y absorciones fueron desarrolladas mediante herramientas de cálculo implementadas en Microsoft Excel, en las cuales se integran los datos de actividad, los factores de emisión y los parámetros metodológicos definidos para cada categoría de reporte.

Los factores de emisión utilizados corresponden a factores específicos para Colombia y, cuando no se dispone de información nacional suficiente, a factores por defecto propuestos en las Directrices del IPCC de 2006. Los factores específicos nacionales fueron desarrollados a partir de estudios realizados por el Ideam, instituciones de investigación y otras fuentes técnicas disponibles para el país. La descripción detallada de los datos de actividad, los factores de emisión y los niveles metodológicos aplicados se presenta en las secciones específicas de cada categoría (Ideam, 2024; IPCC, 2006a).

Las emisiones de carbono negro (CN) y contaminantes criterio fueron estimadas para las categorías de quema de biomasa incluidas en el inventario. En términos generales, las metodologías empleadas priorizan el uso de información nacional y de factores de emisión específicos para el país en aquellas categorías que representan las mayores contribuciones al balance sectorial. El detalle metodológico de las estimaciones de GEI, carbono negro y contaminantes criterio se presenta en las secciones correspondientes de este capítulo y en los anexos metodológicos del informe (EEA, 2019).

Las categorías estimadas mediante métodos de nivel 1 corresponden principalmente a aquellas para las cuales actualmente no se dispone de información suficiente para la implementación de niveles metodológicos superiores. Estas limitaciones están asociadas a la disponibilidad de datos de actividad desagregados, factores de emisión específicos, información histórica y otros insumos técnicos requeridos para la aplicación de metodologías más avanzadas. No obstante, el fortalecimiento progresivo de los sistemas nacionales de información, el desarrollo de estudios específicos y la generación de nuevos datos permitirán incrementar el nivel metodológico de estas categorías en futuras actualizaciones del inventario (IPCC, 2006a).

Las metodologías aplicadas en el sector buscan garantizar la transparencia, consistencia, comparabilidad, exhaustividad y exactitud de las estimaciones, en concordancia con los principios establecidos por el IPCC para la elaboración de inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (IPCC, 2006a).

6.1.4 Definiciones de uso de la tierra

Para la elaboración del inventario del sector Silvicultura, Uso y Cambio de Uso de la Tierra (LULUCF), se considera que todas las tierras son manejadas, dado que hasta el momento el país no cuenta con información completa sobre la matriz de cambios de uso de la tierra. La metodología empleada para establecer los cambios reportados hasta ahora, la cual contempla únicamente las conversiones de áreas de bosque natural definido como "*La superficie de bosque natural se define como tierra ocupada principalmente por árboles que puede contener arbustos, palmas, guaduas, hierbas y lianas, en la que predomina la cobertura arbórea con una densidad mínima del dosel de 30 %, una altura mínima del dosel (in situ) de 5 m al momento de su identificación y un área mínima de 1 hectárea. Se excluyen las coberturas arbóreas de plantaciones forestales comerciales, cultivos de palma y árboles sembrados para la producción agropecuaria*" (Ideam, 2019). A otros usos de tierra como (cultivos permanentes, cultivos transitorios, superficies de agua, vegetación acuática, asentamientos, otras áreas sin vegetación). La cual se fundamenta en la información generada por el Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC), complementada con registros sectoriales, cartografía temática y otras fuentes

oficiales de información geoespacial. Las definiciones adoptadas incorporan las características biofísicas y de uso del territorio colombiano, garantizando su correspondencia con las categorías de uso de la tierra definidas por las Directrices del IPCC de 2006 para el sector LULUCF (Castellanos, 2021a; Ideam, 2021a).

Estas definiciones nacionales de cobertura y uso de la tierra armonizadas con las categorías y definiciones establecidas en las Directrices del IPCC de 2006 (IPCC, 2006a). Estas definiciones permiten representar de manera consistente las categorías de tierras forestales, tierras de cultivo, pastizales, humedales, asentamientos y otras tierras, así como las principales transiciones entre usos de la tierra consideradas en el inventario.

En cuanto a determinación de los suelos, actualmente se emplean datos de suelos orgánicos (histosoles) del mapa geopedológico del IGAC. Sin embargo, se han identificado oportunidades de mejora que permitan realizan una desagregación de suelos gestionados y no gestionados, así como la delimitación espacial del tipo de suelos mineral y orgánicos.

La Tabla 6-5 presenta las definiciones nacionales de uso de la tierra empleadas en el inventario, el sistema de clasificación utilizado y su correspondencia con las categorías de reporte del sector LULUCF establecidas en las Directrices del IPCC de 2006.

Tabla 6-5.Definiciones nacionales de uso de la tierra y correspondencia con las categorías LULUCF del IPCC 2006

Categoría de uso de la tierra IPCC 2006	Clasificación nacional utilizada	Definición resumida	Correspondencia IPCC
Tierras forestales	Bosque natural	La superficie de bosque natural se define como tierra ocupada principalmente por árboles que puede contener arbustos, palmas, guaduas, hierbas y lianas, en la que predomina la cobertura arbórea con una densidad mínima del dosel de 30 %, una altura mínima del dosel (in situ) de 5 m al momento de su identificación y un área mínima de 1 hectárea. Se excluyen las coberturas arbóreas de plantaciones forestales comerciales, cultivos de palma y árboles sembrados para la producción agropecuaria.	4.A Tierras forestales
	Plantaciones forestales comerciales	Se definen como tierras ocupadas por vegetación arbórea mayoritariamente plantada (o por siembra deliberada) con diferentes niveles de manejo. Se incluyen los tipos de plantaciones con fines de forestación y reforestación para la producción agrícola maderable y/o productos no maderables o de bienes y servicios ambientales. Se excluyen plantaciones de palma de aceite y coco.	4.A Tierras forestales
	Arbustales	Comprende los territorios cubiertos por vegetación arbustiva desarrollados en forma natural en diferentes densidades y sustratos. Un arbusto es una planta perenne. con estructura de tallo leñoso. con una altura entre 0.5 y 5 m. fuertemente ramificado en la base y sin una copa definida	4.A Tierras forestales
	Vegetación secundaria	Comprende aquella cobertura vegetal originada por el proceso de sucesión de la vegetación natural que se presenta luego de la intervención o por la destrucción de la vegetación primaria, que puede encontrarse en recuperación tendiendo al estado original. Se desarrolla en zonas desmontadas para diferentes usos, en áreas agrícolas abandonadas y en zonas donde por la ocurrencia de eventos naturales la vegetación natural fue destruida.	4.A Tierras forestales
Tierras de cultivo	Cultivos permanentes	Comprende los territorios dedicados a cultivos cuyo ciclo vegetativo es mayor a un año, produciendo varias cosechas sin necesidad de volverse a plantar	4.B Tierras de cultivo
	Cultivos transitorios	Comprende las áreas ocupadas con cultivos cuyo ciclo vegetativo es menor a un año, llegando incluso a ser de sólo unos pocos meses, como por ejemplo los cereales (maíz, trigo, cebada y arroz), los tubérculos (papa y yuca), las oleaginosas (el ajonjolí y el algodón), la mayor parte de las hortalizas y	4.B Tierras de cultivo

Categoría de uso de la tierra IPCC 2006	Clasificación nacional utilizada	Definición resumida	Correspondencia IPCC
		algunas especies de flores a cielo abierto. Tienen como característica fundamental que después de la cosecha es necesario volver a sembrar o plantar para seguir produciendo	
	Areas agrícolas heterogéneas	Son unidades que reúnen dos o más clases de coberturas agrícolas y naturales, dispuestas en un patrón intrincado de mosaicos geométricos que hace difícil su separación en coberturas individuales; los arreglos geométricos están relacionados con el tamaño reducido de los predios, las condiciones locales de los suelos, las prácticas de manejo utilizadas y las formas locales de tenencia de la tierra	4.B Tierras de cultivo
Pastizales	Pastos	Áreas dominadas por gramíneas y otras especies herbáceas destinadas principalmente a actividades pecuarias. Incluye sistemas silvopastoriles con presencia de árboles y arbustos dispersos.	4.C Pastizales
	Herbazales	Cobertura vegetal natural dominada predominantemente por plantas perennes no lignificadas o apenas lignificadas, que forman una cobertura vegetal continua densa o abierta, donde la ausencia de árboles y arbustos es notable.	4.C.2.b.i. Tierras de cultivo convertidas a pastizales
Humedales	Superficies de agua,	Las áreas húmedas hacen referencia a los diferentes tipos de zonas inundables. pantanos y terrenos anegadizos en los cuales el nivel freático está a nivel del suelo en forma temporal o permanente	4.D. Humedales
	Vegetación acuática	Bajo esta categoría se clasifica toda aquella vegetación flotante que se encuentra establecida sobre cuerpos de agua. recubriéndolos en forma parcial o total. Comprende vegetación biotipológicamente clasificada como Pleustophyta. Rizophyta y Haptophyta.	4.D. Humedales
	De tierras bajas y medias	Tierra ocupada por cuerpos de agua dulce natural sin influenciade las mareas, ubicada en un rango altitudinal de entre 0 y 2800 msnm.	4.D.2.c.ii.1 Tierras de cultivo convertidas a humedales de tierras bajas y media
	Costeros	Tierra ocupada por cuerpos de agua natural influenciado por las mareas, en donde se desarrolla vegetación halófita	4.D.2.c.ii.2 Tierras de cultivo convertidas a humedales costeros
Asentamientos	Áreas urbanas e infraestructura	Áreas destinadas a vivienda, infraestructura, actividades industriales, comerciales y demás usos urbanos.	4.E Asentamientos
Otras tierras	Áreas con escasa o nula cobertura vegetal	Áreas que no cumplen los criterios para ser clasificadas como tierras forestales, tierras de cultivo, pastizales, humedales o asentamientos.	4.F Otras tierras

Nota: Las categorías 4(II). Emisiones y absorciones provenientes del drenaje y rehumedecimiento y otros manejos de suelos orgánicos y minerales y 4(IV). Quema de biomasa no corresponden a categorías de uso de la tierra. Estas categorías representan actividades o procesos que ocurren sobre las categorías de uso de la tierra definidas por el IPCC, principalmente tierras forestales, tierras de cultivo, pastizales y humedales, y se reportan de manera independiente de acuerdo con las Directrices del IPCC de 2006.

Fuente: Elaboración propia con base en la clasificación utilizada por el Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC), registros sectoriales y las Directrices del IPCC de 2006.

Las definiciones nacionales empleadas en el inventario son consistentes con la información oficial de coberturas de la tierra utilizada por el país y con los instrumentos técnicos desarrollados por el Ideam para el monitoreo de bosques y la representación de los usos de la tierra, en concordancia con las categorías y definiciones establecidas en las Directrices del IPCC de 2006 (Ideam, 2024; IPCC, 2006a).

6.1.5 Métodos específicos del país

Las estimaciones del sector Silvicultura, Uso y Cambio de Uso de la Tierra (LULUCF) fueron desarrolladas utilizando metodologías consistentes con las Directrices del IPCC de 2006 y el Refinamiento de las Directrices del IPCC de 2019, considerando la disponibilidad de datos de actividad, factores de emisión e información nacional para cada categoría de reporte. En función de la naturaleza de las diferentes subcategorías y de la información disponible, se aplicaron metodologías específicas para la representación de las tierras, el tratamiento de perturbaciones naturales y la estimación de emisiones y absorciones asociadas a los productos de la madera recolectada (IPCC, 2006, IPCC, 2019).

Colombia usa el método de pérdidas y ganancias para garantizar el balance de carbono, sin embargo, se han identificado oportunidades de mejora que serán trabajadas a través de los siguientes ciclos del reporte.

Las siguientes secciones describen los métodos específicos empleados por Colombia para la representación de las superficies de tierra, el tratamiento de las perturbaciones naturales y la estimación de las emisiones y absorciones asociadas a los productos de la madera recolectada.

6.1.5.1 Métodos empleados para la representación de las tierras

Para la identificación de las áreas consideradas en cada una de las subcategorías estimadas en el sector LULUCF se emplearon los métodos de representación coherente de las tierras establecidos en las Directrices del IPCC de 2006 (IPCC, 2006a). Dependiendo de la disponibilidad de información y de las características de cada subcategoría, se utilizaron los métodos 1, 2 y 3 de representación de la tierra.

El método 1 fue aplicado principalmente en aquellas subcategorías que permanecen en el mismo uso y para las cuales no se dispone de información espacialmente explícita sobre las áreas de cambio para cada período de análisis. El método 2 fue utilizado para la estimación de ganancias y pérdidas de carbono asociadas a procesos específicos como la degradación y regeneración del bosque natural. Por su parte, el método 3 se empleó principalmente en las categorías asociadas a cambios de uso de la tierra, permitiendo identificar explícitamente las transiciones entre categorías mediante información espacialmente explícita (IPCC, 2006a).

La información utilizada proviene principalmente del Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC), complementada con cartografía temática nacional, estadísticas sectoriales, registros administrativos y otras fuentes oficiales. La representación espacial de las superficies de tierra y la construcción de las matrices de transición se realizaron mediante el análisis de información geográfica derivada de imágenes satelitales, cartografía temática y procedimientos de análisis espacial implementados en los sistemas nacionales de monitoreo. A partir de esta información se construyeron matrices de transición entre categorías de uso de la tierra que permiten cuantificar tanto las áreas que permanecen en una misma categoría como aquellas que experimentan cambios de uso durante el período de análisis (Castellanos, 2021a; Ideam, 2021a).

La representación de las tierras constituye la base para la estimación de las categorías que permanecen en el mismo uso y de las conversiones entre categorías reportadas en el inventario nacional. Asimismo, permite mantener la coherencia temporal de las estimaciones y garantizar la consistencia espacial de los datos de actividad utilizados en el sector LULUCF.

Tabla 6-6. Sector LULUCF: Niveles metodológicos

Categoría	Subcategoría	Método de representación de la tierra	Información empleada
4.A. Tierras forestales	4.A.1.a. Consumo de leña	Método 1	Información del SMByC, mapas de ecosistemas continentales, costeros y marinos, cartografía de suelos orgánicos y estadísticas forestales nacionales.
	4.A.1.b. Degradación	Método 2	Información de bosque intacto y bosque afectado por perturbaciones derivada del análisis espacial realizado por el SMByC.

Categoría	Subcategoría	Método de representación de la tierra	Información empleada
	4.A.1.c. Conversión de bosque natural a tierras forestales	Método 3	Información espacial de cambios de cobertura y matrices de transición generadas a partir del análisis de imágenes satelitales.
	4.A.2. Tierras convertidas a tierras forestales	Método 2	Información de cambios de uso de la tierra generada mediante procesamiento de imágenes satelitales y análisis espacial.
4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanencen como tales	Método 1	Estadísticas agrícolas nacionales, registros sectoriales y cartografía de uso agropecuario.
4.C. Pastizales	4.C.1. Pastizales que permanecen como tales	Método 1	Información de áreas de pastoreo, sistemas silvopastoriles y registros pecuarios nacionales.
	4.C.2.b.ii. Tierras de cultivo convertidas a herbazales	Método 3	Información espacial de cambios de cobertura y matrices de transición generadas a partir de los mapas de coberturas de la tierra bajo la metodología CORINE Land Cover (CLC)
4.D. Humedales	4.D.1.b. Tierras inundadas	Método 1	Información de embalses y superficies inundadas provenientes de registros oficiales.
	4.D.2.C.ii. Tierras convertidas a otros humedales	Método 3	Información espacial de cambios de cobertura y matrices de transición generadas a partir de los mapas de coberturas de la tierra bajo la metodología CORINE Land Cover (CLC)
4.E. Asentamientos	4.E.1. Asentamientos que permanecen como tales	Método 2	Información de cambios de uso de la tierra generada mediante procesamiento de imágenes satelitales y análisis espacial.
	4.E.2.a. Tierras forestales convertidas a asentamientos	Método 2	Información de cambios de uso de la tierra generada mediante procesamiento de imágenes satelitales y análisis espacial.
4.F. Otras tierras	4.F.2.a. Tierras forestales convertidas a otras tierras	Método 2	Información de cambios de uso de la tierra generada mediante procesamiento de imágenes satelitales y análisis espacial.
4.G. Productos de la madera recolectada	4.G.1.a. Madera aserrada	Método 1	Información con enfoque de producción.
	4.G.1.b. Paneles de madera	Método 1	Información estadística del carbono almacenado.
	4.G.2. Papel y cartón	Método 1	Información estadística del carbono almacenado en productos de vida útil corta.
4(II). Drenaje, rehumedecimiento y manejo de suelos	4(II).D.1.b. Tierras inundadas que permanecen como tales	Método 1	Información de embalses y superficies inundadas provenientes de registros oficiales.

Categoría	Subcategoría	Método de representación de la tierra	Información empleada
4(IV). Quema de biomasa	4(IV).A.1.b. Incendios en tierras forestales	Método 2	Información de cambios de uso de la tierra generada mediante procesamiento de imágenes satelitales y análisis espacial.
	4(IV).C.1.b. Incendios en pastizales	Método 2	Información de cambios de uso de la tierra generada mediante procesamiento de imágenes satelitales y análisis espacial.

Fuente: Elaboración propia con base en la metodología utilizada en el Inventario Nacional de GEI del sector LULUCF y las Directrices del IPCC de 2006.

La Tabla 6-6 presenta los métodos de representación de tierras utilizados para las principales subcategorías del sector y las fuentes de información empleadas para la estimación de las superficies correspondientes.

Las Tabla 6-7 y

Tabla 6-8 presentan ejemplos de las matrices de uso de la tierra y cambio de uso de la tierra empleadas para la elaboración del inventario. Estas matrices muestran las superficies que permanecen en una misma categoría y aquellas que transitan entre diferentes categorías de uso de la tierra durante el período analizado, constituyendo uno de los principales insumos para la estimación de las emisiones y absorciones asociadas al cambio de uso de la tierra.

Tabla 6-7. Sector LULUCF: Matriz de transición de uso de la tierra para el año 1990.

A:	Tierras forestales (gestionadas)	Tierras forestales (no gestionadas)	Cultivos	Pastizales (gestionados)	Pastizales (no gestionados)	Humedales (gestionados)	Humedales (no gestionados)	Asentamientos	Otras tierras	Total tierras no gestionadas	Área inicial
DE:	**(kha)**										
Tierras forestales (gestionadas)	64.861,3	NA	37,4	118,9	NA	2,8	NA	2,0	1,7	NA	**65.024,1**
Tierras forestales (no gestionadas)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	**NA**
Cultivos	5,1	NA	4.408,0	NE	NA	NE	NA	NE	NE	NA	**4.413,1**
Pastizales (gestionados)	IE	NA	NE	343,1	NA	NE	NA	NE	NE	NA	**343,1**
Pastizales (no gestionados)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	**NA**
Humedales (gestionados)	IE	NA	NE	NE	NA	8,7	NA	NE	NE	NA	**8,7**
Humedales (no gestionados)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	**NA**
Asentamientos	IE	NA	NE	NE	NA	NE	NA	0,1	NE	NA	**0,1**
Otras tierras	IE	NA	NE	NE	NA	NE	NA	NE	44.268,4	NA	**44.268,4**
Total tierras no gestionadas	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	**NA**
Área final	**64.866,4**	**NA**	**4.445,4**	**462,0**	**NA**	**11,6**	**NA**	**2,1**	**44.270,1**	**NA**	**114.057,5**
Cambio neto	**-157,7**	**NA**	**32,3**	**118,9**	**NA**	**2,8**	**NA**	**2,0**	**1,7**	**NA**	**0,00**

Nota: La matriz corresponde al año inicial de la serie temporal utilizada en el inventario nacional. Dado que no se realizaron recálculos de las áreas de uso y cambio de uso de la tierra para el año base, los valores corresponden a los reportados previamente para el año 1990. Fuente: Elaboración propia con base en la matriz de transición del uso de la tierra utilizada en el inventario nacional del sector LULUCF para el año 1990.

Tabla 6-8. Sector LULUCF: Matriz de transición de uso de la tierra para el año 2024.

A:	Tierras forestales (gestionadas)	Tierras forestales (no gestionadas)	Cultivos	Pastizales (gestionados)	Pastizales (no gestionados)	Humedales (gestionados)	Humedales (no gestionados)	Asentamientos	Otras tierras	Total tierras no gestionadas	Área inicial
DE:	**(kha)**										
Tierras forestales (gestionadas)	58.960,3	NA	1,2	66,5	NA	1,8	NA	0,1	1,0	NA	**59.031,1**
Tierras forestales (no gestionadas)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	**NA**
Cultivos	0,2	NA	2.489,0	184,4	NE	9.983,8	NE	NE	NE	NA	**12.657,3**
Pastizales (gestionados)	IE	NA	NE	666,0	NA	NE	NA	NE	NE	NA	**666,0**
Pastizales (no gestionados)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	**NA**
Humedales (gestionados)	IE	NA	NE	NE	NA	8,4	NA	NE	NE	NA	**8,4**
Humedales (no gestionados)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	**NA**
Asentamientos	IE	NA	NE	NE	NA	NE	NA	0,1	NE	NA	**0,1**
Otras tierras	IE	NA	NE	NE	NA	NE	NA	NE	41.694,6	NA	**41.694,6**
Total tierras no gestionadas	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	**NA**
Área final	**58.960,5**	**NA**	**2.490,2**	**916,9**	**NE**	**9.994,0**	**NE**	**0,3**	**41.695,6**	**NA**	**114.057,5**
Cambio neto	**-70,6**	**NA**	**-10.167,1**	**251,0**	**NA**	**9.985,6**	**NA**	**0,1**	**1,0**	**NA**	**0,00**

Nota: Para el informe final se presenta la matriz completa correspondiente al último año de la serie temporal utilizada en el inventario.

Fuente: Elaboración propia.

Las matrices de transición permiten identificar y cuantificar las principales dinámicas de cambio de uso de la tierra consideradas en el inventario, incluyendo las conversiones entre tierras forestales, tierras de cultivo, pastizales, humedales, asentamientos y otras tierras. Estas matrices constituyen un insumo fundamental para la estimación de las emisiones y absorciones asociadas a los cambios de uso de la tierra, al permitir el seguimiento de las superficies que permanecen en una misma categoría y de aquellas que experimentan transiciones entre categorías de reporte a lo largo del tiempo.

6.1.5.2 Métodos empleados para las perturbaciones Naturales

Colombia reporta las emisiones asociadas a perturbaciones naturales correspondientes a incendios forestales, de conformidad con las Directrices del IPCC de 2006 (IPCC, 2006a). En el contexto del inventario nacional, los incendios forestales constituyen la perturbación natural considerada para el sector LULUCF. Las emisiones de dióxido de carbono (CO_2) asociadas a estos eventos se contabilizan en las categorías de tierras forestales y pastizales que permanecen como tales, mientras que las emisiones de CH_4 y N_2O derivadas de la combustión de biomasa se reportan en la categoría 4(IV). Quema de biomasa.

Estas emisiones forman parte de los totales nacionales reportados en el inventario nacional de GEI y se estiman siguiendo las metodologías establecidas por las Directrices del IPCC de 2006 (IPCC, 2006a). Colombia no aplica ajustes para excluir de los totales nacionales las emisiones asociadas a perturbaciones naturales; por consiguiente, dichas emisiones se incorporan integralmente en las estimaciones reportadas para el sector LULUCF.

Las emisiones asociadas a incendios forestales se estiman para las subcategorías correspondientes de tierras forestales, cultivos y pastizales. El detalle metodológico de las ecuaciones, parámetros y fuentes de información utilizadas para estas estimaciones se presenta en las secciones específicas de cada categoría.

6.1.5.3 Métodos empleados para los productos de la madera recolectada

Para la estimación de las emisiones y absorciones asociadas a los productos de la madera recolectada (PMR), Colombia emplea el método de producción (Production Approach), de conformidad con las Directrices del IPCC de 2006 y las orientaciones contenidas en el Refinamiento de las Directrices del IPCC de 2019 (IPCC, 2006, IPCC, 2019)

Este enfoque permite estimar los cambios en las existencias de carbono almacenadas en productos derivados del aprovechamiento nacional de madera, considerando las categorías de madera aserrada, paneles de madera y papel y cartón. Las estimaciones reflejan la acumulación y liberación de carbono asociadas a la vida útil de estos productos y a su descomposición a lo largo del tiempo (IPCC, 2006a).

Los datos de actividad utilizados provienen principalmente de las estadísticas de producción de productos forestales reportadas por FAOSTAT, complementadas con la información nacional disponible cuando fue pertinente. Los parámetros metodológicos empleados corresponden a los valores recomendados por el IPCC para la aplicación del método de producción (FAO, 2023; IPCC, 2006).

Dado que Colombia utiliza el método de producción para el reporte de productos de la madera recolectada, no se requiere la presentación de estimaciones complementarias mediante enfoques alternativos.

El detalle metodológico de las ecuaciones, parámetros, supuestos y fuentes de información utilizadas para la estimación de esta categoría se presenta en la sección correspondiente a la categoría 4.G. Productos de la madera recolectada.

6.2 Tierras forestales (CRT 4.A)

6.2.1 Descripción y tendencia de las emisiones y absorciones atmosféricas de la categoría

La categoría 4.A. Tierras forestales comprende las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero asociadas a las tierras clasificadas como forestales, incluyendo tanto las tierras forestales que permanecen como tales como las tierras convertidas a tierras forestales. De acuerdo con las Directrices del IPCC de 2006, esta categoría considera los cambios en las existencias de carbono de la biomasa viva, la biomasa muerta, la materia orgánica muerta y los suelos, derivados de procesos de crecimiento, regeneración, manejo forestal, degradación y cambios de uso de la tierra (IPCC, 2006, IPCC, 2019).

En Colombia, esta categoría comprende principalmente las áreas de bosque natural, las plantaciones forestales comerciales y demás coberturas que cumplen la definición nacional de bosque adoptada para el inventario. Asimismo, incorpora las emisiones y absorciones asociadas a las transiciones hacia tierras forestales, incluyendo procesos de regeneración natural y establecimiento de coberturas forestales (Instituto de Hidrología, 2021).

Las estimaciones reportadas reflejan la dinámica de las existencias de carbono en los ecosistemas forestales gestionados y constituyen uno de los principales componentes del balance de emisiones y absorciones del sector LULUCF.

Las estimaciones de la categoría incluyen todas las subcategorías de tierras forestales aplicables al territorio nacional para las cuales se identifican emisiones o absorciones de GEI, de conformidad con las Directrices del IPCC de 2006 y las Tablas Comunes de Reporte (CRT). En consecuencia, el inventario presenta una cobertura exhaustiva de las fuentes y sumideros correspondientes a la categoría 4.A. Tierras forestales (EEA, 2019; IPCC, 2006a).

La Figura 6-6 presenta la estructura de categorías y subcategorías incluidas en la categoría 4.A. Tierras forestales, así como las principales actividades consideradas en el inventario nacional para la estimación de emisiones y absorciones asociadas a los ecosistemas forestales gestionados.

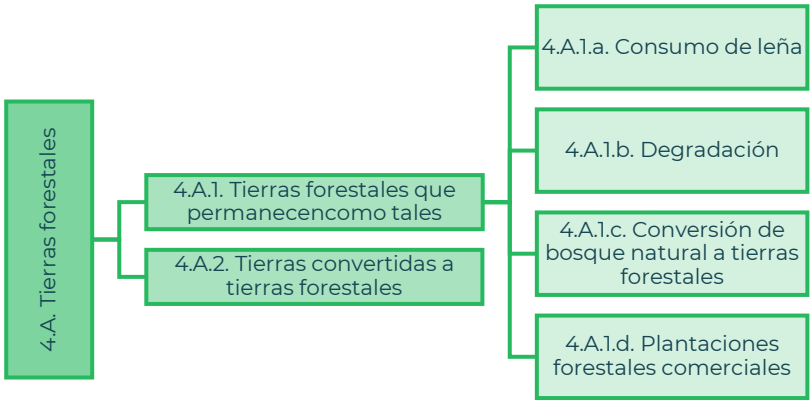


Figura 6-6. Tierras forestales: Estructura de categorías y subcategorías reportadas para la categoría 4.A. Tierras forestales.

Fuente: Elaboración propia.

En Colombia, la categoría 4.A. Tierras forestales está conformada por las subcategorías 4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales y 4.A.2. Tierras convertidas a tierras forestales. La primera incluye las estimaciones asociadas al consumo de leña, la degradación de bosques, los cambios en las existencias de carbono asociados a las tierras forestales que permanecen como tales y las plantaciones forestales comerciales, mientras que la segunda incorpora las absorciones y emisiones derivadas del establecimiento de coberturas forestales sobre otras categorías de uso de la tierra. Debido a la magnitud de los cambios en las existencias de carbono asociados a los ecosistemas forestales, esta categoría constituye una de las principales contribuciones al balance de GEI del sector LULUCF (IPCC, 2006a).

La tendencia de las emisiones netas para esta categoría. Entre 1990 y 2024, son decreciente pasando de 75.472,1 kt CO_2eq a 45.910,0 kt CO_2eq, las cuales oscilan entre absorciones -1.015,7 kt CO_2eq y -5.965,1 kt CO_2eq, por otra parte, el registro de las emisiones 76.487,8 kt CO_2eq a 51.875 kt CO_2eq, lo que corresponde a una reducción del 39,2 %. Esta disminución estuvo asociada principalmente a la reducción de las emisiones derivadas de la degradación forestal y del consumo de leña a lo largo de la serie temporal, aunque parcialmente compensada por el incremento observado en otras subcategorías durante los años más recientes.

En 2024, la categoría 4.A. Tierras forestales representó el 60,6 % de las emisiones netas reportadas para el sector LULUCF, consolidándose como la categoría de mayor contribución sectorial. Esta participación refleja la importancia de los cambios en las existencias de carbono asociados a los ecosistemas forestales, así como de los procesos de degradación, aprovechamiento y transformación de coberturas forestales.

Durante 2024, la categoría registró emisiones netas de 45.910,0 kt CO_2eq, valor superior al observado en 2023 (35.819,7 kt CO_2eq), lo que representa un incremento del 28,2 %. Este aumento estuvo asociado principalmente al crecimiento de las emisiones de 18.711,2 kt CO_2eq a 24.177,1 kt CO_2eq reportadas en las subcategorías 4.A.1.b. Tierras forestales que permanecen como tales (Degradación), relacionadas con la degradación forestal y las conversiones de bosque natural dentro de la categoría de tierras forestales.

La subcategoría con mayor contribución fue 4.A.1.b. Degradación, con 24.177,0 kt CO_2eq, equivalente al 46,6 % de las emisiones de la categoría. Le siguieron 4.A.1.c. Conversión de bosque natural a tierras forestales, con 12.328,9 kt CO_2eq (23,77 %), y 4.A.1.a. Consumo de leña, con 9.232,3 kt CO_2eq (17,8 %). Por su parte, las plantaciones forestales comerciales (4.A.1.d.) registraron emisiones brutas de 6.135,8 kt CO_2eq.

En cuanto las absorciones determinadas por el crecimiento de áreas de plantaciones forestales 4.A.1.d.Tierras forestales que permanecen como tierras forestales plantaciones forestales comerciales, el cual representa el 85,8% del total de las absorciones para el año 2024, con un promedio histórico de 1990-2024 de -4.303,7 kt CO_2eq. Así como la regeneración del bosque natural 4.A.2 que aporta el 14,2 % del total de las absorciones con un promedio histórico -1.487,3 kt CO_2eq.

Entre los eventos más relevantes de la serie se destaca la reducción observada entre 1999 y 2000, cuando las emisiones netas pasaron de aproximadamente 75.197 kt CO_2eq a 58.917 kt CO_2eq. Asimismo, se registran incrementos durante el periodo 2016–2018 y nuevamente entre 2022 y 2024, asociados principalmente a variaciones en las emisiones derivadas de la degradación forestal y de las conversiones de bosque natural consideradas dentro de la categoría.

Respecto al último año reportado en el inventario anterior (2021), las emisiones netas disminuyeron de 56.765,2 kt CO_2eq a 45.910,0 kt CO_2eq en 2024, lo que representa una reducción del 19,1 %. Esta disminución estuvo asociada principalmente a la reducción observada en las emisiones 65.554,9 kt CO_2eq a 51.875,1 kt CO_2eq

derivadas de la degradación forestal y del consumo de leña, aunque parcialmente compensada por incrementos registrados en otras subcategorías forestales.

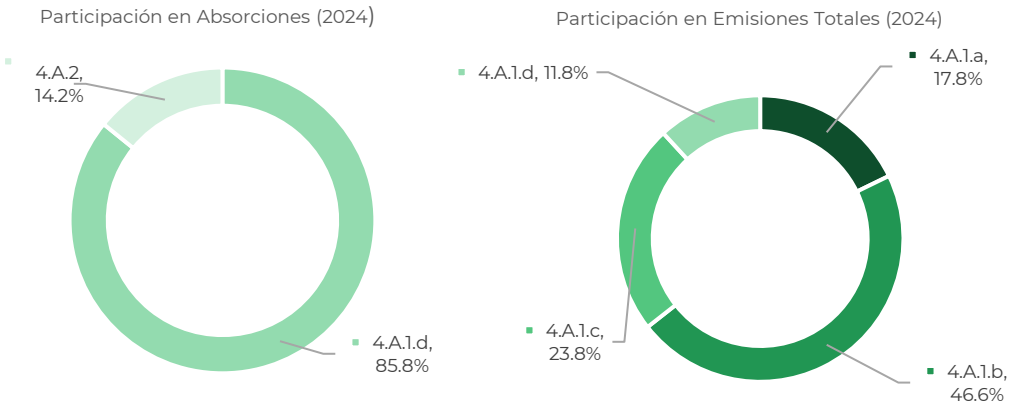
La Tabla 6-9 presenta el resumen de emisiones y absorciones de GEI de la categoría 4.A para los años seleccionados de la serie temporal, mientras que la Figura 6-7 muestra la evolución de las emisiones y absorciones por subcategoría durante el periodo 1990–2024.

Tabla 6-9. Tierras forestales: Emisiones totales de GEI por categoría y subcategoría (kt CO_2eq)

Subcategoria	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	75.597,2	75.145,4	60.294,0	43.101,8	38.072,3	35.402,9	59.169,9	58.122,6	45.191,6	36.860,4	46.754,5
4.A.1.a. Tierras forestales que permanecen como tales (Consumo de leña)	14.684,8	14.077,6	13.362,8	12.616,1	11.782,6	10.811,2	10.041,4	9.846,9	9.646,7	9.440,7	9.232,3
4.A.1.b. Tierras forestales que permanecen como tales (Degradación)	42.054,4	42.054,4	32.698,3	24.033,6	20.486,9	18.884,5	33.623,5	32.078,7	23.888,3	18.711,2	24.177,0
4.A.1.c. Tierras forestales que permanecen como tales (Conversión de bosque natural a tierras forestales)	19.666,7	19.666,7	15.495,8	8.500,2	11.046,1	11.708,2	18.285,2	18.855,4	12.870,5	8.064,4	12.328,9
4.A.1.d. Tierras forestales que permanecen como tales (Plantaciones forestales comerciales)	-808,6	-653,3	-1.262,9	-2.048,1	-5.243,3	-6.001,1	-2.780,2	-2.658,4	-1.214,0	644,1	1.016,2
4.A.2. Tierras convertidas a tierras forestales	-125,2	-751,0	-1.376,9	-2.214,1	-2.530,9	-1.928,9	-1.482,0	-1.357,3	-1.236,8	-1.040,7	-844,5
4.A. Tierras forestales	**75.472,1**	**74.394,3**	**58.917,2**	**40.887,7**	**35.541,4**	**33.474,0**	**57.687,9**	**56.765,2**	**43.954,8**	**35.819,7**	**45.910,0**

Nota: Valores expresados en kt CO_2eq. Los valores negativos representan absorciones netas de CO_2.

Fuente: Elaboración propia.



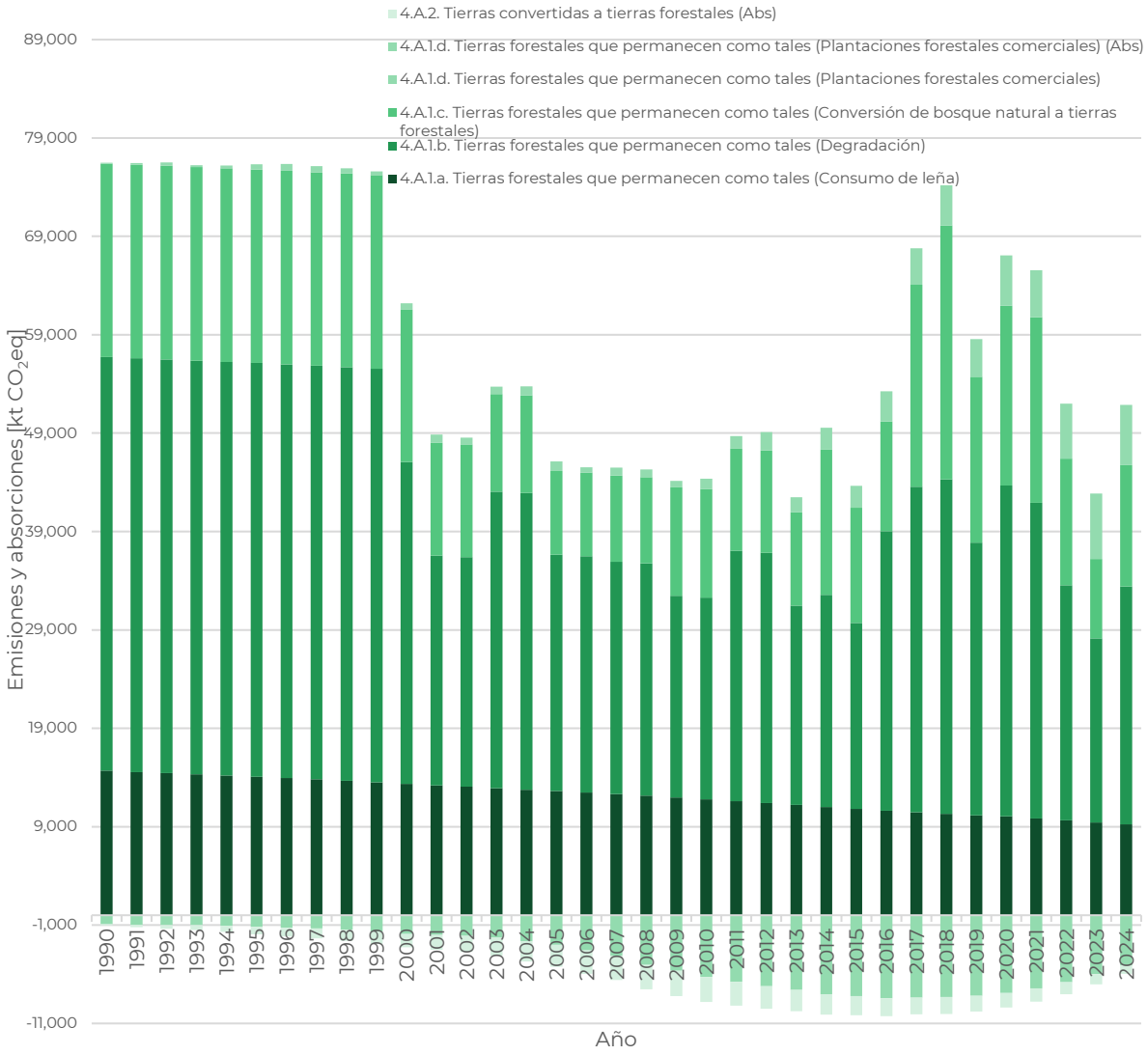


Figura 6-7. Tierras forestales: Emisiones y absorciones totales de GEI por subcategoría (kt CO_2eq), 1990–2024

Nota: Los valores negativos representan absorciones netas de CO_2.

Fuente: Elaboración propia

La categoría 4.A. Tierras forestales reporta exclusivamente emisiones y absorciones de dióxido de carbono (CO_2) asociadas a los cambios en las existencias de carbono de la biomasa viva, la biomasa muerta, la materia orgánica muerta y el carbono orgánico del suelo. De acuerdo con las metodologías aplicadas y las subcategorías consideradas en el inventario, no ocurren las emisiones de CH_4, N_2O. No aplican las emisiones de gases fluorados para esta categoría (IPCC, 2006a). En consecuencia, estas sustancias se reportan mediante la clave de notación NO y NA respectivamente en la Tabla 6-10, de conformidad con las Tablas Comunes de Reporte (CRT) (UNFCCC, 2024).

Tabla 6-10. Tierras forestales: Emisiones totales de GEI (kt CO2eq)

GEI	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
CO_2	75.472,1	74.394,3	58.917,2	40.887,7	35.541,4	33.474,0	57.687,9	56.765,2	43.954,8	35.819,7	45.910,0
CH_4	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
N_2O	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
HFC	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

GEI	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
PFC	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Mezclas no específicas de HFC y PFC	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
SF_6	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
NF_3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Total	**75.472,1**	**74.394,3**	**58.917,2**	**40.887,7**	**35.541,4**	**33.474,0**	**57.687,9**	**56.765,2**	**43.954,8**	**35.819,7**	**45.910,0**

Nota: La categoría 4.A. Tierras forestales reporta únicamente emisiones y absorciones netas de CO_2 asociadas a cambios en las existencias de carbono de biomasa viva, biomasa muerta, materia orgánica muerta y carbono orgánico del suelo. Los valores negativos registrados en determinadas subcategorías representan absorciones netas de CO_2.

Fuente: Elaboración propia

Para la categoría 4.A. Tierras forestales no aplican las emisiones de carbono negro (CN) ni contaminantes criterio (CR). De acuerdo con las Directrices del IPCC de 2006, las metodologías aplicadas para la categoría 4.A se enfocan en la estimación de las emisiones y absorciones de CO_2 asociadas a los cambios en las existencias de carbono de la biomasa viva, la biomasa muerta, la materia orgánica muerta y el carbono orgánico del suelo (IPCC, 2006a).

Las emisiones de carbono negro y contaminantes criterio asociadas a incendios forestales y a la quema de biomasa en tierras forestales se estiman y reportan de manera independiente en la categoría 4(IV). Quema de biomasa. En consecuencia, para la categoría 4.A. Tierras forestales estas sustancias se reportan mediante la clave de notación NA, de conformidad con las Tablas Comunes de Reporte (CRT) (EEA, 2019; UNFCCC, 2024).

6.2.2 Aspectos metodológicos de la categoría

Las estimaciones de emisiones y absorciones de GEI de la categoría 4.A. Tierras forestales se realizaron siguiendo las Directrices del IPCC de 2006 para el sector LULUCF (Volumen 4, Capítulo 2) y, cuando corresponde, las orientaciones contenidas en el Refinamiento de las Directrices del IPCC de 2019, aplicando metodologías de nivel 1 (Tier 1) y nivel 2 (Tier 2) de acuerdo con la disponibilidad de información nacional y la relevancia de cada subcategoría. Las estimaciones se desarrollaron utilizando los métodos de ganancias y pérdidas y de cambio de existencias de carbono descritos por el IPCC para la cuantificación de los cambios en biomasa viva, biomasa muerta, materia orgánica muerta y carbono orgánico del suelo ((IPCC), 2006, (IPCC), 2019).

Para la subcategoría 4.A.1.a. Tierras forestales que permanecen como tales (Consumo de leña), se aplicó un enfoque de ganancias y pérdidas para estimar los cambios en las existencias de carbono de la biomasa, incorporando información de consumo de leña, factores de crecimiento y expansión de biomasa, y factores de conversión de carbono específicos para las regiones biogeográficas del país (IPCC, 2006a).

La subcategoría 4.A.1.b. Tierras forestales que permanecen como tales (Degradación) se estimó mediante un enfoque de ganancias y pérdidas asociado a procesos de degradación forestal, considerando los cambios en biomasa aérea y subterránea, materia orgánica muerta y carbono orgánico del suelo (IPCC, 2006a).

Para la subcategoría 4.A.1.c. Tierras forestales que permanecen como tales (Conversión de bosque natural a tierras forestales), se aplicaron metodologías de nivel 2 utilizando factores de contenido de carbono diferenciados por región biogeográfica, incorporando los cambios en las existencias de carbono asociados a las transiciones consideradas dentro de esta subcategoría (Ideam, 2024; IPCC, 2006a).

La subcategoría 4.A.1.d. Tierras forestales que permanecen como tales (Plantaciones forestales comerciales) se estimó mediante factores específicos por especie forestal, incorporando información nacional sobre crecimiento, turnos de aprovechamiento, cosecha forestal y manejo de plantaciones.

Para la subcategoría 4.A.2. Tierras convertidas a tierras forestales se aplicó el método de ganancias y pérdidas descrito en las Directrices del IPCC de 2006, estimando los cambios en las existencias de carbono asociados al establecimiento y desarrollo de coberturas forestales sobre otras categorías de uso de la tierra (IPCC, 2006a).

Los cálculos fueron desarrollados mediante hojas de cálculo implementadas en Microsoft Excel e integradas a las bases de estimación del Inventario Nacional de GEI. Para ello se utilizó información proveniente del Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC), el Inventario Forestal Nacional (IFN), registros de aprovechamiento forestal, estadísticas sectoriales y factores de emisión específicos para Colombia (Castellanos, 2021a; Ideam, 2021b).

No aplican las emisiones de carbono negro (CN) ni contaminantes criterio para esta categoría. Las emisiones asociadas a incendios forestales y quema de biomasa son estimadas y reportadas de manera independiente en la categoría 4(IV). Quema de biomasa. En consecuencia, las variables correspondientes a carbono negro y contaminantes criterio se reportan mediante la clave de notación NA para la categoría 4.A (EEA, 2019; UNFCCC, 2024).

Las metodologías aplicadas mantienen la consistencia con las utilizadas en el inventario anterior, preservando la coherencia de la serie temporal del Inventario Nacional de GEI. El uso de metodologías de nivel 2 y de factores específicos para Colombia en las principales subcategorías permite representar de manera más adecuada las condiciones biofísicas de las diferentes regiones del país y mejorar la representatividad de las estimaciones de emisiones y absorciones de CO_2 asociadas a los ecosistemas forestales (IPCC, 2006a).

El detalle de las ecuaciones, parámetros, datos de actividad y factores de emisión utilizados para cada subcategoría se presenta en la Tabla 6-11 y en las secciones específicas correspondientes de este capítulo.

Tabla 6-11. Tierras forestales: Aspectos metodológicos para la estimación de GEI.

Subcategoría	Contaminante	Nivel (Tier)	No. ecuación	Ecuación	Fuente
4.A.1.a. Tierras forestales que permanecen como tales (Consumo de leña)	CO_2	2	V. 4, Ch. 2, Ec. 2.7, 2.10, 2.12 y 2.13	$\Delta C_B = \Delta C_G - \Delta C_L$ Dónde: ΔC_B = Variación anual de las reservas de carbono de la biomasa. t C/año ΔC_G = Aumento anual de las reservas de carbono de la biomasa. t C/año ΔC_L = Disminución anual de las reservas de carbono de la biomasa. t C/año $G_{total} = \Sigma(G_w * (1+R))$ Dónde: G_{total} = Crecimiento medio anual de la biomasa. t m.s /ha.año. G_w = Crecimiento medio anual de la biomasa por encima del suelo. t m.s /ha.año. R = Relación entre la biomasa subterránea y la biomasa por encima del suelo. t_{BG} m.s/(t_{AG} m.s). $L_{remoción-bosques} = \{H * BCEF_R * (1+R) * CF\}$ Dónde: $L_{remoción-bosques}$ = Pérdida anual de carbono debido a las extracciones de madera*. t C/año H= Extracción de madera anual. m^3/año $BCEF_R$= Factor de conversión de biomasa para la conversión de remociones en volumen venable a remociones totales de biomasa (incluida la corteza). $t_{biomasa-removida}$ /($m^3_{removida}$) R = Relación entre la biomasa subterránea y la biomasa por encima del suelo. t_{bg} m.s/(t_{ag} m.s). *CF*= Fracción de carbono de la materia seca. t C/(t m.s) $L_{madera-combustible} = [\{FG_{árboles} * BCEF_R(1+R)\} + FG_{parte} * D] * CF$ Dónde: $L_{madera-combustible}$ = Pérdida anual de carbono debido a las extracciones de leña-combustible. t C/año. $BCEF_R$= Factor de conversión de biomasa para la conversión de remociones en volumen venable a remociones totales de biomasa (incluida la corteza). R = Relación entre la biomasa subterránea y la biomasa por encima del suelo. t_{BG} m.s/(t_{AG} m.s). $FG_{árboles}$= volumen anual de remoción de madera combustible de árboles enteros, m^3/año. FG_{parte}= Volumen anual de remoción de leña como partes de los árboles. m^3/año. *D*= Densidad de la madera. t m^{-3} *CF*= Fracción de carbono de la materia seca. t C/(t m.s).	IPCC, 2006.
4.A.1.b. Tierras forestales que permanecen como tales (Degradación)	CO_2	2	V. 4, Ch. 2, Ec. 2.16 y 2.25	$\Delta C_{conversión} = \Sigma\left((B_{después} - B_{antes}) * \Delta A_{otras}\right) * CF$ Dónde: $B_{después}$= Existencia de biomasa en tipo tierra i antes de la conversión. t.d.m/ha B_{antes}= Existencia de biomasa en tipo tierra i antes de la conversión. t.d.m/ha. ΔA_{otras}= Superficie de uso de la tierra i convertida a otra categoría de uso. ha/año.	IPCC, 2006.

Subcategoría	Contaminante	Nivel (Tier)	No. ecuación	Ecuación	Fuente
				CF= Fracción de carbono de la materia seca. t C/t m.s). $$\Delta C_{DOM} = A * ((DOM_{in} - DOM_{out}) * CF)$$ Donde: ΔC_{DOM} = cambio anual en las existencias de carbono de los depósitos de madera muerta/hojarasca. t C/año. *A* = superficie de tierra gestionada. ha DOM_{in} = transferencia anual promedio de biomasa al depósito de madera muerta/hojarasca debido a procesos y perturbaciones anuales. t d.m/ha.año. DOM_{out} = pérdida de carbono promedio anual por descomposición y perturbaciones procedente de depósitos de madera muerta o de hojarasca. t d.m/ha.año. *CF* = fracción de carbono de materia seca. t C/(t.d.m.). $$\Delta C_{Minerales} = \left((SOC_0 - SOC_{(0-T)})/D\right)$$ Dónde: $SOC_{0=}$ Existencia de carbono orgánico en suelos en el último año de un periodo en el inventario. t C $SOC_{0-T=}$ Existencia de carbono orgánico en suelos al comienzo de un periodo en el inventario. t C $D_=$ Cantidad de tiempo de un periodo dado $$SOC = \Sigma\ (SOC_{REF} * F_{LU} * F_{MG} * F_I * A)$$ Dónde: $F_{LU=}$ Factor de cambio de existencias para sistemas de uso de la tierra. $F_{MG=}$ Factor de cambio de existencias para regímenes de gestión. $F_{LU=}$ Factor de cambio de existencias para el aporte de materia orgánica. *Ecuaciones utilizadas para calcular los crecimientos del bosque natural < a 20 años.	
4.A.1.c. Tierras forestales que permanecen como tales (Conversión de bosque natural a tierras forestales)	CO_2	2	V. 4, Ch. 2, Ec. 2.16, 2.18 y 2.25	$$\Delta C_{conversión} = \Sigma\left((B_{después} - B_{antes}) * \Delta A_{otras}\right) * CF$$ Dónde: $B_{después=}$ Existencia de biomasa en tipo tierra i antes de la conversión. t.d.m/ha. $B_{antes=}$ Existencia de biomasa en tipo tierra i antes de la conversión. t.d.m/ha. $\Delta A_{otras=}$ Superficie de uso de la tierra i convertida a otra categoría de uso. ha/Año. *CF*= Fracción de carbono de la materia seca. t C/(t m.s). $$\Delta C_{DOM} = A * ((DOM_{in} - DOM_{out}) * CF)$$ Donde: ΔC_{DOM} = cambio anual en las existencias de carbono de los depósitos de madera muerta/hojarasca. t C/año. *A* = superficie de tierra gestionada. ha DOM_{in} = transferencia anual promedio de biomasa al depósito de madera muerta/hojarasca debido a procesos y perturbaciones anuales. t d.m/ha.año. DOM_{out} = pérdida de carbono promedio anual por descomposición y perturbaciones procedente de depósitos de madera muerta o de hojarasca. t d.m/ha.año. *CF* = fracción de carbono de materia seca. t C/(t.d.m.). $$\Delta C_{Minerales} = \left((SOC_0 - SOC_{(0-T)})/D\right)$$ Dónde: $SOC_{0=}$ Existencia de carbono orgánico en suelos en el último año de un periodo en el inventario. t C $SOC_{0-T=}$ Existencia de carbono orgánico en suelos al comienzo de un periodo en el inventario. t C $D_=$ Cantidad de tiempo de un periodo dado $$SOC = \Sigma\ (SOC_{REF} * F_{LU} * F_{MG} * F_I * A)$$ Dónde: $F_{LU=}$ Factor de cambio de existencias para sistemas de uso de la tierra. $F_{MG=}$ Factor de cambio de existencias para regímenes de gestión.	IPCC, 2006.

Subcategoría	Contaminante	Nivel (Tier)	No. ecuación	Ecuación	Fuente
				$F_{LU=}$ Factor de cambio de existencias para el aporte de materia orgánica. *Ecuaciones utilizadas para calcular los crecimientos del bosque natural < a 20 años.	
4.A.1.d. Tierras forestales que permanecen como tales (Plantaciones forestales comerciales)	CO_2	2	V. 4, Ch. 2, Ec. 2.7, 2.9 y 2.10	$\Delta C_B = \Delta C_G - \Delta C_L$ Dónde: ΔC_B = Variación anual de las reservas de carbono de la biomasa. t C/año. ΔC_G = Aumento anual de las reservas de carbono de la biomasa. t C/año. ΔC_L = Disminución anual de las reservas de carbono de la biomasa. t C/año. . $\Delta C_G = \Sigma(A * G_{total} * CF)$ Dónde: ΔC_G = Aumento anual de las reservas de carbono de la biomasa. t C/año. A= Área de tierras que permanecen en la misma categoría. ha G_{total} = Crecimiento medio anual de la biomasa. t m.s/ha.año. CF = Fracción de carbono de la materia seca. t C/(t m.s). $G_{total} = \Sigma(G_w * (1 + R))$ Dónde: G_{total} = Crecimiento medio anual de la biomasa. t m.s/ha.año. G_w = Crecimiento medio anual de la biomasa por encima del suelo. t m.s/ha.año. R = Relación entre la biomasa subterránea y la biomasa por encima del suelo. t_{BG} m.s/(t_{AG} m.s).	IPCC, 2006.
4.A.2. Tierras convertidas a tierras forestales	CO_2	2	V. 4, Ch. 2, Ec. 2.15, 2.16, 2.18 y 2.25	$\Delta C_B = \Delta C_G + \Delta Conversión - \Delta C_L$ Dónde: ΔC_B = Variación anual de las reservas de carbono de la biomasa. t C/año. ΔC_G = Aumento anual de las reservas de carbono de la biomasa. t C/año. ΔC_L = Disminución anual de las reservas de carbono de la biomasa. t C/año. $\Delta C_{conversión} = \Sigma\left((B_{después} - B_{antes}) * \Delta A_{otras}\right) * CF$ Dónde: $B_{después=}$ Existencia de biomasa en tipo tierra i antes de la conversión. t.d.m/ha. $B_{antes=}$ Existencia de biomasa en tipo tierra i antes de la conversión. t.d.m/ha. $\Delta A_{otras=}$ Superficie de uso de la tierra i convertida a otra categoría de uso. ha/Año. CF= Fracción de carbono de la materia seca. t C (t m.s)$^{-1}$ $\Delta C_{DOM} = A * ((DOM_{in} - DOM_{out}) * CF)$ Donde: ΔC_{DOM} = cambio anual en las existencias de carbono de los depósitos de madera muerta/hojarasca. t C año^{-1} A = superficie de tierra gestionada. ha DOM_{in} = transferencia anual promedio de biomasa al depósito de madera muerta/hojarasca debido a procesos y perturbaciones anuales. t d.m/ha.año.. DOM_{out} = pérdida de carbono promedio anual por descomposición y perturbaciones procedente de depósitos de madera muerta o de hojarasca. t d.m/ha.año. CF = fracción de carbono de materia seca. t C/(t.d.m.). $\Delta C_{Minerales} = \left((SOC_0 - SOC_{(0-T)})/D\right)$ Dónde: $SOC_{0=}$ Existencia de carbono orgánico en suelos en el último año de un periodo en el inventario. t C $SOC_{0-T=}$ Existencia de carbono orgánico en suelos al comienzo de un periodo en el inventario. t C D= Cantidad de tiempo de un periodo dado	IPCC, 2006.

Subcategoría	Contaminante	Nivel (Tier)	No. ecuación	Ecuación	Fuente
				$SOC = \Sigma\ (SOC_{REF} * F_{LU} * F_{MG} * F_I * A)$ Dónde: F_{LU}= Factor de cambio de existencias para sistemas de uso de la tierra. F_{MG}= Factor de cambio de existencias para regímenes de gestión. F_{LU}= Factor de cambio de existencias para el aporte de materia orgánica. *Ecuaciones utilizadas para calcular los crecimientos del bosque natural < a 20 años.	

Nota: Las ecuaciones corresponden a las metodologías descritas en el Capítulo 2 del Volumen 4 de las Directrices del IPCC de 2006 para el sector LULUCF. La categoría 4.A. Tierras forestales reporta únicamente emisiones y absorciones de CO_2. No se estiman emisiones de CH_4, N_2O, carbono negro ni contaminantes criterio para esta categoría; por lo tanto, no aplican ecuaciones ni niveles metodológicos para estas sustancias.

Fuente: Elaboración propia con base en las Directrices del IPCC de 2006, el Refinamiento del IPCC de 2019 y las bases de cálculo del Inventario Nacional de GEI de Colombia.

6.2.2.1 Datos de actividad de la categoría

Los datos de actividad utilizados para la estimación de las emisiones y absorciones de GEI en la categoría 4.A. Tierras forestales provienen principalmente de fuentes oficiales nacionales, seleccionadas por su cobertura nacional, consistencia temporal, representatividad y disponibilidad para toda la serie 1990–2024. La información fue armonizada y procesada para garantizar la coherencia metodológica con las Directrices del IPCC de 2006 y las bases de cálculo del Inventario Nacional de GEI. Las principales fuentes de información corresponden al Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC) (Ideam, 2021), el Inventario Forestal Nacional (IFN) (Ideam, 2021), el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) (DANE, 2018), el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (IGAC, 2014) y diferentes registros administrativos sectoriales.

Para la subcategoría 4.A.1.a. Tierras forestales que permanecen como tales (Consumo de leña), los datos de actividad para biomasa corresponden a la población rural consumidora de leña, estimada a partir de información censal, proyecciones y retroproyecciones oficiales del DANE (DANE, 2018). El consumo de leña fue calculado mediante factores de consumo por hogar y departamento, considerando la disminución progresiva de su uso a lo largo de la serie temporal debido a la sustitución por otras fuentes energéticas. Adicionalmente, para las estimaciones asociadas al carbono orgánico del suelo se empleó la superficie nacional de histosoles obtenida mediante la integración de información cartográfica del IGAC (IGAC, 2014), el mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia, el mapa nacional de biomasa y la clasificación climática de Caldas-Lang. Ante la ausencia de información que permitiera identificar cambios temporales en este depósito, se asumió una superficie constante durante toda la serie temporal.

Para la subcategoría 4.A.1.b. Tierras forestales que permanecen como tales (Degradación), se utilizaron las superficies degradadas generadas por el Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC) del Ideam (Ideam, 2021). Debido a la disponibilidad limitada de información para algunos periodos históricos, fue necesario complementar la serie mediante procedimientos de interpolación y extrapolación consistentes con los aplicados en el Inventario Nacional de GEI.

Para la subcategoría 4.A.1.c. Tierras forestales que permanecen como tales (Conversión de bosque natural a tierras forestales), los datos de actividad corresponden a las superficies de bosque natural convertidas a plantaciones forestales y arbustales. Esta información proviene del SMByC y de los análisis de cambio de cobertura desarrollados por el Ideam (Ideam, 2021). Los datos se encuentran desagregados por región biogeográfica y, para los periodos sin información anual disponible, se aplicaron procedimientos de armonización temporal basados en promedios multianuales y distribución temporal de eventos, siguiendo los criterios metodológicos adoptados en el Inventario Nacional de GEI.

Para la subcategoría 4.A.1.d. Tierras forestales que permanecen como tales (Plantaciones forestales comerciales), se emplean registros administrativos provenientes del ICA, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y otras fuentes sectoriales relacionadas con el establecimiento, manejo y aprovechamiento de plantaciones forestales comerciales. Los datos incluyen información sobre áreas establecidas, aprovechamiento forestal, cosecha de biomasa e incendios forestales en plantaciones. La información fue armonizada para garantizar la coherencia temporal de las estimaciones (Ideam, 2024). Para los años 2023 y 2024 no se dispuso de información actualizada sobre nuevas áreas sembradas; sin embargo, las estimaciones de emisiones y absorciones se desarrollaron utilizando las existencias de plantaciones establecidas en años anteriores, bajo el supuesto de continuidad de las áreas plantadas y los parámetros de crecimiento incorporados en las bases de cálculo del Inventario Nacional de GEI (Ideam, 2024).

Para la subcategoría 4.A.2. Tierras convertidas a tierras forestales, los datos de actividad corresponden a las superficies de regeneración natural identificadas por el SMByC. Esta información, desagregada por región

biogeográfica, fue utilizada para estimar los cambios en biomasa, madera muerta y carbono orgánico del suelo. Para algunos años iniciales de la serie fue necesario aplicar procedimientos de reconstrucción temporal con el fin de mantener la continuidad y consistencia de las estimaciones (Ideam, 2021, Ideam, 2024).

Las principales limitaciones asociadas a los datos de actividad de la categoría están relacionadas con la disponibilidad de información histórica para degradación forestal, la ausencia de observaciones anuales para algunos procesos de conversión y regeneración en los primeros años de la serie y la necesidad de aplicar procedimientos de reconstrucción temporal para garantizar la completitud de la información. No obstante, las metodologías implementadas permiten mantener la coherencia metodológica y la consistencia temporal de las estimaciones reportadas. La totalidad de los datos de actividad utilizados corresponde a información oficial de acceso institucional y no fue necesario aplicar procedimientos especiales asociados al tratamiento de información confidencial o restringida (IPCC, 2006b; UNFCCC, 2024). La Tabla 6-12 presenta un resumen de los datos de actividad utilizados en la categoría 4.A. Tierras forestales para la serie temporal 1990–2024, incluyendo las principales variables empleadas en la estimación de emisiones y absorciones para cada subcategoría. Estos datos son consistentes con la información reportada en las tablas CRT del Inventario Nacional de GEI, las cuales constituyen la fuente oficial de reporte de la serie temporal.

Tabla 6-12. Tierras forestales: Fuente de información de datos de actividad

Subcategoría	Dato de actividad	Periodo	Fuente	Observación
4.A.1.a. Tierras forestales que permanecen como tales (Consumo de leña)	Número de habitantes rurales consumidores de leña	1990-2024	DANE	Estimado a partir de censos, proyecciones y retroproyecciones demográficas oficiales
4.A.1.a. Tierras forestales que permanecen como tales (Consumo de leña)	Superficies de histosoles (ha)	1990-2024	IGAC, Ideam	Se asume superficie constante durante toda la serie temporal
4.A.1.b. Tierras forestales que permanecen como tales (Degradación)	Área de degradación anual por región (ha)	1990-2024	Ideam – SMByC	Serie reconstruida para años sin observación mediante interpolación y extrapolación
4.A.1.c. Tierras forestales que permanecen como tales (Conversión de bosque natural a tierras forestales)	Área de bosque natural (borde) (ha)	1990-2024	Ideam – SMByC	Información desagregada por región biogeográfica
4.A.1.c. Tierras forestales que permanecen como tales (Conversión de bosque natural a tierras forestales)	Área de bosque natural (núcleo) (ha)	1990-2024	Ideam – SMByC	Información desagregada por región biogeográfica
4.A.1.c. Tierras forestales que permanecen como tales (Conversión de bosque natural a tierras forestales)	Fracción de área de bosque borde convertida a arbustal	1990-2024	Ideam – SMByC	Parámetro derivado de análisis de cambio de cobertura
4.A.1.c. Tierras forestales que permanecen como tales (Conversión de bosque natural a tierras forestales)	Fracción de área de bosque borde convertida a plantaciones forestales	1990-2024	Ideam – SMByC	Parámetro derivado de análisis de cambio de cobertura
4.A.1.c. Tierras forestales que permanecen como tales (Conversión de bosque natural a tierras forestales)	Fracción de área de bosque núcleo convertida a arbustal	1990-2024	Ideam – SMByC	Parámetro derivado de análisis de cambio de cobertura
4.A.1.c. Tierras forestales que permanecen como tales (Conversión de bosque natural a tierras forestales)	Fracción de área de bosque núcleo convertida a plantaciones forestales	1990-2024	Ideam – SMByC	Parámetro derivado de análisis de cambio de cobertura
4.A.1.d. Tierras forestales que permanecen como tales (Plantaciones forestales comerciales)	Area total sembrada (ha)	1990-2024	ICA, MADR, Ideam	Información consolidada de registros administrativos y estadísticas sectoriales
4.A.2. Tierras convertidas a tierras forestales	Área de regeneración de bosque natural (ha)	1990-2024	Ideam – SMByC	Información desagregada por región biogeográfica y reconstruida para años sin observación.

Nota: Los datos de actividad corresponden a las variables utilizadas directamente en las bases de cálculo para la estimación de emisiones y absorciones de la categoría 4.A. Tierras forestales. Las variables incluyen población consumidora de leña, superficies de histosoles, áreas degradadas, áreas de bosque natural sujetas a conversión, áreas sembradas en plantaciones forestales comerciales y áreas de regeneración natural.

Fuente: Elaboración propia con base en información del DANE, Ideam-SMByC, Inventario Forestal Nacional (IFN), IGAC, ICA, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y bases de cálculo del Inventario Nacional de GEI.

Para la subcategoría 4.A.1.a. Consumo de leña, el procesamiento consistió en la estimación de la población consumidora de leña por departamento a partir de información censal y proyecciones demográficas oficiales. Posteriormente, se estimó el consumo anual de leña y su equivalente en biomasa utilizando los factores de consumo y conversión adoptados en el Inventario Nacional de GEI (DANE, 2018; Ideam, 2024).

En la subcategoría 4.A.1.b. Degradación, se consolidaron las superficies degradadas reportadas por el Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC) y se complementó la serie histórica para algunos periodos mediante procedimientos de interpolación y extrapolación consistentes con los utilizados en el Inventario Nacional de GEI (Ideam, 2021).

Para la subcategoría 4.A.1.c. Conversión de bosque natural a tierras forestales, se identificaron las superficies de bosque natural convertidas a plantaciones forestales y arbustales mediante los análisis de cambio de cobertura desarrollados por el SMByC. Posteriormente, las áreas fueron clasificadas por región biogeográfica e incorporadas a los cálculos de los diferentes depósitos de carbono considerados en la estimación (Ideam, 2021).

En la subcategoría 4.A.1.d. Plantaciones forestales comerciales, se integraron registros administrativos relacionados con el establecimiento, aprovechamiento, cosecha e incendios forestales, armonizando la información disponible para garantizar la consistencia temporal de la serie (Ideam, 2024).

Finalmente, para la subcategoría 4.A.2. Tierras convertidas a tierras forestales, se consolidaron las superficies de regeneración natural identificadas por el SMByC y se estimó su permanencia en la categoría siguiendo procedimientos consistentes con las Directrices del IPCC de 2006 (Ideam, 2024; IPCC, 2006b).

La Tabla 6-13 presenta los valores de los datos de actividad utilizados en la estimación de emisiones y absorciones para la categoría 4.A. Tierras forestales durante el periodo 1990–2024. Los valores reportados corresponden a las variables de entrada empleadas directamente en las bases de cálculo del Inventario Nacional de GEI para cada subcategoría, incluyendo información sobre consumo de leña, superficies degradadas, áreas de conversión de bosque natural, plantaciones forestales comerciales y áreas de regeneración natural.

Tabla 6-13. Tierras forestales: Datos de actividad por subcategoría de GEI

Año	4.A.1.a. Tierras forestales que permanecen como tales (Consumo de leña)		4.A.1.b. Tierras forestales que permanecen como tales (Degradación)
	Área degradada ha	Número de habitantes rurales Número de habitantes	Área Degradación anual por región ha
1990	337.306,4	10.585.869,0	220.797,1
1991	337.306,4	10.566.479,0	220.797,1
1992	337.306,4	10.551.771,0	220.797,1
1993	337.306,4	10.538.176,0	220.797,1
1994	337.306,4	10.526.099,0	220.797,1
1995	337.306,4	10.531.080,0	220.797,1
1996	337.306,4	10.528.802,0	220.797,1
1997	337.306,4	10.538.833,0	220.797,1
1998	337.306,4	10.539.002,0	220.797,1
1999	337.306,4	10.549.883,0	220.797,1
2000	337.306,4	10.565.168,0	169.183,9
2001	337.306,4	10.571.325,0	117.570,6
2002	337.306,4	10.612.737,0	117.570,6
2003	337.306,4	10.662.376,0	148.872,5
2004	337.306,4	10.717.682,0	148.872,5
2005	337.306,4	10.771.397,0	114.991,3

Año	4.A.1.a. Tierras forestales que permanecen como tales (Consumo de leña)		4.A.1.b. Tierras forestales que permanecen como tales (Degradación)
	Área degradada ha	Número de habitantes rurales Número de habitantes	Área Degradación anual por región ha
2006	337.306,4	10.833.488,0	114.991,3
2007	337.306,4	10.896.604,0	114.384,5
2008	337.306,4	10.956.091,0	114.384,5
2009	337.306,4	11.017.190,0	101.927,7
2010	337.306,4	11.088.307,0	101.927,7
2011	337.306,4	11.160.829,0	119.474,9
2012	337.306,4	11.232.934,0	119.474,9
2013	337.306,4	11.305.207,0	99.318,0
2014	337.306,4	11.379.778,0	114.728,9
2015	337.306,4	11.460.308,0	98.698,1
2016	337.306,4	11.556.609,0	151.999,1
2017	337.306,4	11.669.366,0	163.287,5
2018	337.306,4	11.833.841,0	163.854,2
2019	337.306,4	11.969.822,0	135.193,4
2020	337.306,4	12.172.418,0	165.163,9
2021	337.306,4	12.266.886,0	160.918,1
2022	337.306,4	12.363.661,0	121.068,7
2023	337.306,4	12.463.601,0	96.208,9
2024	337.306,4	12.572.321,0	118.948,8

Año	4.A.1.c. Tierras forestales que permanecen como tales (Conversión de bosque natural a tierras forestales)					
	Área de bosque natural (borde) ha	Área de bosque natural (núcleo) ha	Fracción de área de bosque borde convertida a arbustal Porcentaje (decimal)	Fracción de área de bosque borde convertida a plantaciones forestales Porcentaje (decimal)	Fracción de área de bosque núcleo convertida a arbustal Porcentaje (decimal)	Fracción de área de bosque núcleo convertida a plantaciones forestales Porcentaje (decimal)
1990	202.574,8	62.866,2	2,22	0,000072	2,22	0,000072
1991	202.574,8	62.866,2	2,22	0,000072	2,22	0,000072
1992	202.574,8	62.866,2	2,22	0,000072	2,22	0,000072
1993	202.574,8	62.866,2	2,22	0,000072	2,22	0,000072
1994	202.574,8	62.866,2	2,22	0,000072	2,22	0,000072
1995	202.574,8	62.866,2	2,22	0,000072	2,22	0,000072
1996	202.574,8	62.866,2	2,22	0,000072	2,22	0,000072
1997	202.574,8	62.866,2	2,22	0,000072	2,22	0,000072
1998	202.574,8	62.866,2	2,22	0,000072	2,22	0,000072
1999	202.574,8	62.866,2	2,22	0,000072	2,22	0,000072
2000	150.368,5	49.911,6	2,13	0,020653	2,13	0,020653
2001	98.162,2	36.957,1	2,05	0,041234	2,05	0,041234
2002	98.162,2	36.957,1	2,05	0,041234	2,05	0,041234

Año	4.A.1.c. Tierras forestales que permanecen como tales (Conversión de bosque natural a tierras forestales)					
	Área de bosque natural (borde) ha	Área de bosque natural (núcleo) ha	Fracción de área de bosque borde convertida a arbustal Porcentaje (decimal)	Fracción de área de bosque borde convertida a plantaciones forestales Porcentaje (decimal)	Fracción de área de bosque núcleo convertida a arbustal Porcentaje (decimal)	Fracción de área de bosque núcleo convertida a plantaciones forestales Porcentaje (decimal)
2003	132.263,8	46.837,8	1,18	0,014126	1,18	0,014126
2004	132.263,8	46.837,8	1,18	0,014126	1,18	0,014126
2005	100.816,5	37.757,1	1,47	0,022572	1,47	0,022572
2006	100.816,5	37.757,1	1,47	0,022572	1,47	0,022572
2007	102.886,0	37.235,0	1,39	0,032278	1,39	0,032278
2008	102.886,0	37.235,0	1,39	0,032278	1,39	0,032278
2009	87.724,6	32.791,9	1,61	0,023425	1,61	0,023425
2010	87.724,6	32.791,9	1,61	0,023425	1,61	0,023425
2011	99.578,1	40.194,2	1,94	0,018082	1,94	0,018082
2012	99.578,1	40.194,2	1,94	0,018082	1,94	0,018082
2013	93.471,9	22.655,0	1,79	0,020392	1,79	0,020392
2014	108.701,1	28.610,8	2,43	0,011040	2,43	0,011040
2015	97.283,3	26.551,2	2,27	0,020917	2,27	0,020917
2016	132.867,7	44.870,1	1,48	0,003036	1,48	0,003036
2017	151.986,8	67.501,0	1,86	0,023607	1,86	0,023607
2018	131.759,4	65.345,7	2,11	0,004274	2,11	0,004274
2019	108.429,0	50.411,0	1,99	0,013878	1,99	0,013878
2020	113.510,9	58.141,1	1,99	0,013878	1,99	0,013878
2021	114.861,1	59.206,9	1,99	0,013878	1,99	0,013878
2022	86.432,6	37.019,8	1,99	0,013878	1,99	0,013878
2023	54.781,6	24.474,7	1,99	0,013878	1,99	0,013878
2024	76.110,7	37.497,2	1,99	0,013878	1,99	0,013878

Año	4.A.1.d. Tierras forestales que permanecen como tales (Plantaciones forestales comerciales)	4.A.2. Tierras convertidas a tierras forestales
	Área total sembrada ha	Área de regeneración de bosque natural ha
1990	5.100,0	5.061,6
1991	2.428,9	5.061,6
1992	3.085,1	5.061,6
1993	2.566,1	5.061,6
1994	4.948,0	5.061,6
1995	5.634,0	5.061,6
1996	6.658,7	5.061,6
1997	8.037,5	5.061,6
1998	8.748,1	5.061,6
1999	11.929,2	5.061,6

Año	4.A.1.d. Tierras forestales que permanecen como tales (Plantaciones forestales comerciales)	4.A.2. Tierras convertidas a tierras forestales
	Área total sembrada ha	Área de regeneración de bosque natural ha
2000	13.783,8	5.061,6
2001	10.104,8	5.061,6
2002	9.710,7	5.061,6
2003	12.444,3	5.616,1
2004	23.379,8	5.616,1
2005	21.167,3	5.445,1
2006	27.396,2	5.445,1
2007	26.873,4	1.522,7
2008	41.005,1	1.522,7
2009	30.390,5	2.501,1
2010	32.341,9	2.501,1
2011	29.220,0	390,3
2012	31.810,2	390,3
2013	26.763,7	216,5
2014	26.005,5	106,6
2015	19.119,5	48,6
2016	20.703,3	23,4
2017	13.757,4	255,1
2018	15.014,8	4.985,0
2019	13.317,3	223,0
2020	8.685,3	24,0
2021	10.442,2	31,0
2022	3.955,0	184,2
2023	NE	184,2
2024	NE	184,2

Nota: Para los años 2023 y 2024 no se dispuso de información actualizada sobre nuevas áreas sembradas de plantaciones forestales comerciales, por lo que estos datos de actividad se reportan mediante la clave de notación NE (No estimado). No obstante, las estimaciones de emisiones y absorciones de la subcategoría 4.A.1.d. se realizaron utilizando las existencias de plantaciones establecidas en años anteriores y los parámetros de crecimiento incorporados en las bases de cálculo del Inventario Nacional de GEI.

Fuente: Elaboración propia

6.2.2.2 Factores de emisión aplicados en la categoría

Los factores de emisión y absorción utilizados para la estimación de las emisiones y absorciones de GEI en la categoría 4.A. Tierras forestales corresponden principalmente a factores específicos para Colombia, desarrollados a partir de información generada por el Inventario Forestal Nacional (IFN), el Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC)(Ideam, 2021), estudios nacionales sobre biomasa forestal, inventarios de carbono y otras investigaciones desarrolladas para los diferentes ecosistemas forestales del país .

La utilización de factores específicos nacionales permite representar de manera más adecuada las características biofísicas de los bosques colombianos, incluyendo diferencias regionales en productividad, contenido de carbono, densidad de biomasa, procesos de degradación y dinámica de crecimiento forestal. Cuando no se dispone de información nacional suficiente para determinados parámetros, se emplean los valores por defecto recomendados por las Directrices del IPCC de 2006 (Ideam, 2024; IPCC, 2006a).

Para las estimaciones asociadas al consumo de leña, degradación forestal, conversión de bosque natural a tierras forestales, plantaciones forestales comerciales y tierras convertidas a tierras forestales, se utilizaron factores de expansión de biomasa, relaciones raíz-tallo, fracciones de carbono, factores de crecimiento y contenidos de carbono específicos para Colombia. Estos parámetros fueron seleccionados de acuerdo con la disponibilidad de información para cada región biogeográfica y categoría de bosque considerada en el inventario (Ideam, 2024).

La Tabla 6-14 presenta las principales fuentes de factores de emisión y absorción empleadas para la estimación de emisiones y absorciones de GEI en la categoría 4.A. Tierras forestales.

Tabla 6-14. Tierras forestales: Factores de emisión y absorción aplicados para la estimación de GEI

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad
4.A.1.a. Tierras forestales que permanecen como tales (Consumo de leña)	IPCC, 2006. V.4, Ch.4.	2	CS	CO_2	0,47	Fracción C biomasa seca
4.A.1.a. Tierras forestales que permanecen como tales (Consumo de leña)	IPCC, 2006. V.4, Ch.4.	1	CS	CO_2	44/12	Relación molecular CO_2/C
4.A.1.a. Tierras forestales que permanecen como tales (Consumo de leña)-Biomasa	DANE, 2019	2	CS	CO_2	**Ver Anexo 6.1 en Capítulo 10**	t C .habitante /año
4.A.1.a. Tierras forestales que permanecen como tales (Consumo de leña)- Suelos	IPCC, 2013. Tabla 2.1	1c	CS	CO_2	5,3	t CO_2/ha
4.A.1.b. Tierras forestales que permanecen como tales (Degradación) – Biomasa aérea (Región Andina)	IFN (Ideam, 2023)	Tier 2	CS	CO_2	73.396723	t m.s/ha
4.A.1.b. Tierras forestales que permanecen como tales (Degradación) – Biomasa subterránea (Región Andina)	IFN (Ideam, 2023)	Tier 2	CS	CO_2	16.260000	t m.s/ha
4.A.1.b. Tierras forestales que permanecen como tales (Degradación) – Biomasa aérea (Región Caribe)	IFN (Ideam, 2023)	Tier 2	CS	CO_2	121.375167	t m.s/ha
4.A.1.b. Tierras forestales que permanecen como tales (Degradación) – Biomasa subterránea (Región Caribe)	IFN (Ideam, 2023)	Tier 2	CS	CO_2	26.050000	t m.s/ha
4.A.1.b. Tierras forestales que permanecen como tales (Degradación) – Biomasa aérea (Región Amazonia)	IFN (Ideam, 2023)	Tier 2	CS	CO_2	113.172496	t m.s/ha
4.A.1.b. Tierras forestales que permanecen como tales (Degradación) – Biomasa subterránea (Región Amazonia)	IFN (Ideam, 2023)	Tier 2	CS	CO_2	23.910000	t m.s/ha
4.A.1.b. Tierras forestales que permanecen como tales (Degradación) – Biomasa aérea (Región Pacífica)	IFN (Ideam, 2023)	Tier 2	CS	CO_2	41.739500	t m.s/ha
4.A.1.b. Tierras forestales que permanecen como tales (Degradación) – Biomasa subterránea (Región Pacífica)	IFN (Ideam, 2023)	Tier 2	CS	CO_2	8.710000	t m.s/ha
4.A.1.b. Tierras forestales que permanecen como tales (Degradación) – Biomasa aérea (Región Orinoquía)	IFN (Ideam, 2023)	Tier 2	CS	CO_2	47.968929	t m.s/ha

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad
4.A.1.b. Tierras forestales que permanecen como tales (Degradación) – Biomasa subterránea (Región Orinoquía)	IFN (Ideam, 2023)	Tier 2	CS	CO_2	10.390000	t m.s/ha
4.A.1.b. Tierras forestales que permanecen como tales (Degradación) – Fracción de carbono en biomasa seca	IFN (Ideam, 2023)	Tier 2	CS	CO_2	0.47	Adimensional
4.A.1.b. Tierras forestales que permanecen como tales (Degradación) – Factor de conversión C–CO_2	IPCC 2006	—	CS	CO_2	3.666667	g CO_2.g/C
4.A.1.b. Tierras forestales que permanecen como tales (Degradación) – Factor de conversión t–kt	Sistema Internacional de Unidades	—	CS	CO_2	0.001	Kt/t
4.A.1.b. Tierras forestales que permanecen como tales (Degradación) – Factor de resta de absorciones	IPCC, 2006. V.4, Ch.4.	—	CS	CO_2	-1	Adimensional
4.A.1.c. Conversión de bosque natural a tierras forestales – Bosque núcleo, biomasa aérea (Orinoquía)	Inventario Forestal Nacional (Ideam, 2023)	Tier 2	CS	CO_2	128.6364	t m.s/ha
4.A.1.c. Conversión de bosque natural a tierras forestales – Bosque núcleo, biomasa subterránea (Orinoquía)	Inventario Forestal Nacional (Ideam, 2023)	Tier 2	CS	CO_2	30.1007	t m.s/ha
4.A.1.c. Conversión de bosque natural a tierras forestales – Bosque borde, biomasa aérea (Andina)	Inventario Forestal Nacional (Ideam, 2023)	Tier 2	CS	CO_2	70.5139	t m.s/ha
4.A.1.c. Conversión de bosque natural a tierras forestales – Bosque borde, biomasa subterránea (Andina)	Inventario Forestal Nacional (Ideam, 2023)	Tier 2	CS	CO_2	17.1678	t m.s/ha
4.A.1.c. Conversión de bosque natural a tierras forestales – Bosque borde, biomasa aérea (Amazonía)	Inventario Forestal Nacional (Ideam, 2023)	Tier 2	CS	CO_2	150.5067	t m.s/ha
4.A.1.c. Conversión de bosque natural a tierras forestales – Bosque borde, biomasa subterránea (Amazonía)	Inventario Forestal Nacional (Ideam, 2023)	Tier 2	CS	CO_2	34.7725	t m.s/ha
4.A.1.c. Conversión de bosque natural a tierras forestales – Bosque borde, biomasa aérea (Caribe)	Inventario Forestal Nacional (Ideam, 2023)	Tier 2	CS	CO_2	68.1558	t m.s/ha
4.A.1.c. Conversión de bosque natural a tierras forestales – Bosque borde, biomasa subterránea (Caribe)	Inventario Forestal Nacional (Ideam, 2023)	Tier 2	CS	CO_2	16.5853	t m.s/ha
4.A.1.c. Conversión de bosque natural a tierras	Inventario Forestal	Tier 2	CS	CO_2	209.6425	t m.s/ha

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad
forestales – Bosque borde, biomasa aérea (Pacífica)	Nacional (Ideam, 2023)					
4.A.1.c. Conversión de bosque natural a tierras forestales – Bosque borde, biomasa subterránea (Pacífica)	Inventario Forestal Nacional (Ideam, 2023)	Tier 2	CS	CO_2	46.8875	t m.s/ha
4.A.1.c. Conversión de bosque natural a tierras forestales – Bosque borde, biomasa aérea (Orinoquía)	Inventario Forestal Nacional (Ideam, 2023)	Tier 2	CS	CO_2	81.6675	t m.s/ha
4.A.1.c. Conversión de bosque natural a tierras forestales – Bosque borde, biomasa subterránea (Orinoquía)	Inventario Forestal Nacional (Ideam, 2023)	Tier 2	CS	CO_2	19.7124	t m.s/ha
4.A.1.c. Conversión de bosque natural a tierras forestales – Plantaciones forestales, biomasa total (Andina)	Inventario Forestal Nacional (Ideam, 2023)	Tier 2	CS	CO_2	89.8332	t m.s/ha
4.A.1.c. Conversión de bosque natural a tierras forestales – Plantaciones forestales, biomasa total (Caribe)	Inventario Forestal Nacional (Ideam, 2023)	Tier 2	CS	CO_2	109.3880	t m.s/ha
4.A.1.c. Conversión de bosque natural a tierras forestales – Plantaciones forestales, biomasa total (Amazonía)	Inventario Forestal Nacional (Ideam, 2023)	Tier 2	CS	CO_2	73.2081	t m.s/ha
4.A.1.c. Conversión de bosque natural a tierras forestales – Plantaciones forestales, biomasa total (Pacífica)	Inventario Forestal Nacional (Ideam, 2023)	Tier 2	CS	CO_2	142.0446	t m.s/ha
4.A.1.c. Conversión de bosque natural a tierras forestales – Plantaciones forestales, biomasa total (Orinoquía)	Inventario Forestal Nacional (Ideam, 2023)	Tier 2	CS	CO_2	51.7249	t m.s/ha
4.A.1.c. Conversión de bosque natural a tierras forestales – Relación biomasa subterránea/biomasa aérea en plantaciones forestales	IPCC (2006), V.4, Ch. 4	Tier 1c	CS	CO_2	0.0000	Adimensional
4.A.1.c. Conversión de bosque natural a tierras forestales – Fracción de carbono en biomasa seca	Inventario Forestal Nacional (Ideam, 2023)	Tier 2	CS	CO_2	0.47	Adimensional
4.A.1.d. Tierras forestales que permanecen como tierras forestales (Plantaciones forestales)	Barrios, Segura y Andrade (2021)	Tier 2	Biomasa (crecimiento y cosecha)	CO_2	**Ver Anexo 6.2 en Capítulo 10**	t/ha.año
4.A.1.d. Tierras forestales que permanecen como tierras forestales (Plantaciones forestales)	Barrios, Segura y Andrade (2021)	Tier 1c	Biomasa	CO_2	**Ver Anexo 6.2 en Capítulo 10**	t C/ha.año

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad
4.A.1.d. Tierras forestales que permanecen como tierras forestales (Plantaciones forestales)	IPCC, 2006, Tabla 2.1	Tier 1c	Suelos orgánicos	CO_2	20	t CO_2-C/ha año
4.A.2. Tierras convertidas a tierras forestales – Biomasa total (Región Andina)	Inventario Forestal Nacional (Ideam, 2023)	Tier 2	CS	CO_2	100.69	t C/ha
4.A.2. Tierras convertidas a tierras forestales – MOM (Región Andina)	Inventario Forestal Nacional (Ideam, 2023)	Tier 2	CS	CO_2	6.68	t C/ha
4.A.2. Tierras convertidas a tierras forestales – Carbono orgánico del suelo (Región Andina)	Inventario Forestal Nacional (Ideam, 2023)	Tier 2	CS	CO_2	94.17	t C/ha
4.A.2. Tierras convertidas a tierras forestales – Biomasa total (Región Caribe)	Inventario Forestal Nacional (Ideam, 2023)	Tier 2	CS	CO_2	47.01	t C/ha
4.A.2. Tierras convertidas a tierras forestales – MOM (Región Caribe)	Inventario Forestal Nacional (Ideam, 2023)	Tier 2	CS	CO_2	2.53	t C/ha
4.A.2. Tierras convertidas a tierras forestales – Carbono orgánico del suelo (Región Caribe)	Inventario Forestal Nacional (Ideam, 2023)	Tier 2	CS	CO_2	42.17	t C/ha
4.A.2. Tierras convertidas a tierras forestales – Biomasa total (Región Amazonía)	Inventario Forestal Nacional (Ideam, 2023)	Tier 2	CS	CO_2	139.84	t C/ha
4.A.2. Tierras convertidas a tierras forestales – MOM (Región Amazonía)	Inventario Forestal Nacional (Ideam, 2023)	Tier 2	CS	CO_2	9.93	t C/ha
4.A.2. Tierras convertidas a tierras forestales – Carbono orgánico del suelo (Región Amazonía)	Inventario Forestal Nacional (Ideam, 2023)	Tier 2	CS	CO_2	48.35	t C/ha
4.A.2. Tierras convertidas a tierras forestales – Biomasa total (Región Pacífica)	Inventario Forestal Nacional (Ideam, 2023)	Tier 2	CS	CO_2	128.24	t C/ha
4.A.2. Tierras convertidas a tierras forestales – MOM (Región Pacífica)	Inventario Forestal Nacional (Ideam, 2023)	Tier 2	CS	CO_2	3.44	t C/ha
4.A.2. Tierras convertidas a tierras forestales – Carbono orgánico del suelo (Región Pacífica)	Inventario Forestal Nacional	Tier 2	CS	CO_2	88.20	t C/ha

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad
	(Ideam, 2023)					
4.A.2. Tierras convertidas a tierras forestales – Biomasa total (Región Orinoquía)	Inventario Forestal Nacional (Ideam, 2023)	Tier 2	CS	CO_2	47.75	t C/ha
4.A.2. Tierras convertidas a tierras forestales – MOM (Región Orinoquía)	Inventario Forestal Nacional (Ideam, 2023)	Tier 2	CS	CO_2	4.48	t C/ha
4.A.2. Tierras convertidas a tierras forestales – Carbono orgánico del suelo (Región Orinoquía)	Inventario Forestal Nacional (Ideam, 2023)	Tier 2	CS	CO_2	34.73	t C/ha
4.A.2. Tierras convertidas a tierras forestales – Biomasa de referencia	Inventario Forestal Nacional (Ideam, 2023)	Tier 2	CS	CO_2	0.00	t C/ha
4.A.2. Tierras convertidas a tierras forestales – MOM de referencia	Inventario Forestal Nacional (Ideam, 2023)	Tier 2	CS	CO_2	0.00	t C/ha
4.A.2. Tierras convertidas a tierras forestales – COS de referencia	Inventario Forestal Nacional (Ideam, 2023)	Tier 2	CS	CO_2	0.00	t C/ha
4.A.2. Tierras convertidas a tierras forestales – Edad de cultivo	Inventario Forestal Nacional (Ideam, 2023)	Tier 2	Parámetro	CO_2	20	años

Nota: La categoría 4.A. Tierras forestales reporta únicamente emisiones y absorciones de CO_2 asociadas a cambios en las existencias de carbono de biomasa viva, biomasa muerta, materia orgánica muerta y carbono orgánico del suelo. No se estiman emisiones de CH_4, N_2O, carbono negro ni contaminantes criterio para esta categoría.

Fuente: Elaboración propia con base en el Inventario Forestal Nacional (IFN), el Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC), las Directrices del IPCC de 2006 y las bases de cálculo del Inventario Nacional de GEI.

La categoría 4.A. Tierras forestales utiliza principalmente factores de emisión y absorción específicos para Colombia, desarrollados a partir de información generada por el Inventario Forestal Nacional (IFN) (Ideam, 2021b), el Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC) (Ideam, 2021d) y otros estudios nacionales relacionados con biomasa forestal y existencias de carbono (Ideam, 2024). El uso de información diferenciada por región biogeográfica permite representar de manera más adecuada las características de los ecosistemas forestales colombianos y constituye una mejora significativa respecto al empleo exclusivo de factores por defecto de las Directrices del IPCC de 2006 (IPCC, 2006a).

6.2.3 Descripción de flexibilidad aplicada en la categoría

No se aplica a flexibilidad para esta subcategoría.

6.2.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría

Tabla 6-15. Resultados de incertidumbre (%) por propagación del error para 4.A. Tierras forestales

Subcategoría	Cont	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
4.A. Tierras forestales	Total Emisión	6,4	6,5	5,3	5,9	4,6	3,9	4,5	3,2	2,9	2,8	3,1
4.A. Tierras forestales	Total Absorción	3,0	2,6	1,9	1,4	1,3	1,1	1,2	1,2	1,3	1,3	1,4
4.A.1. Tierras forestales que permanecencomo tales	CO2	6,4	6,4	5,1	5,5	4,2	3,6	4,4	3,2	2,8	2,7	3,0
4.A.1. Tierras forestales que permanecencomo tales	CO2_abs	3,0	2,6	1,9	1,4	1,3	1,1	1,2	1,2	1,3	1,3	1,4
4.A.1.a. Tierras forestales que permanecen como tales (Consumo de leña)	CO2	8,1	7,9	6,4	6,2	5,1	4,9	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8
4.A.1.b. Tierras forestales que permanecen como tales (Degradación)	CO2	9,1	9,1	8,2	9,3	7,4	6,6	7,6	5,5	5,2	5,2	5,6
4.A.1.c. Tierras forestales que permanecen como tales (Conversión de bosque natural a tierras forestales)	CO2	14,6	14,6	9,7	10,4	7,7	6,9	7,6	4,9	4,6	4,6	5,0
4.A.1.d. Tierras forestales que permanecen como tales (Plantaciones forestales comerciales)	CO2	9,5	12,8	12,9	5,6	3,5	3,1	3,7	3,7	3,7	4,1	3,3
4.A.1.d. Tierras forestales que permanecen como tales (Plantaciones forestales comerciales) abs	CO2_abs	3,0	2,6	1,9	1,4	1,3	1,1	1,2	1,2	1,3	1,3	1,4
4.A.2. Tierras convertidas a tierras forestales	CO2_abs	31,4	31,4	31,4	24,2	24,2	16,6	16,6	16,6	11,9	11,9	11,9

Fuente: Elaboración propia

Las emisiones presentan una incertidumbre promedio histórica de ±5,24 %. En 1990, la incertidumbre fue de ±6,44 %, mientras que en 2024 alcanzó ±3,07 %, lo que representa una reducción relativa del 52,41 %, equivalente a 3,38 puntos porcentuales. Entre 1990 y 2009, la incertidumbre se mantuvo alrededor del 6 % y alcanzó su valor máximo en 1999, con ±6,59 %. A partir de 2010 se observa una tendencia general decreciente, aunque con fluctuaciones interanuales. El valor mínimo se registró en 2023, con ±2,81 %, seguido de un ligero aumento en 2024.

En 2024, dentro de las tierras forestales que permanecen como tales, el componente con mayor incertidumbre fue la degradación, con ±5,58 %, seguido de la conversión de bosque natural a tierras forestales, con ±5,03 %; el consumo de leña, con ±4,76 %; y las plantaciones forestales comerciales, con ±3,27 %. Todos estos componentes presentaron reducciones frente a 1990, particularmente la conversión de bosque natural a tierras forestales y las plantaciones forestales comerciales.

Las absorciones de 4.A presentan una incertidumbre promedio histórica de ±1,70 %. La incertidumbre disminuyó de ±2,99 % en 1990 a ±1,39 % en 2024, lo que representa una reducción relativa del 53,65 %, equivalente a 1,61 puntos porcentuales. El valor máximo se registró en 1991, con ±3,15 %, mientras que el mínimo se presentó

en 2016, con ±1,12 %. Desde 2017 se observa un aumento moderado, aunque la incertidumbre de 2024 continúa siendo considerablemente inferior a la registrada al inicio de la serie.

Para 4.A.2. Tierras convertidas a tierras forestales, la incertidumbre de las absorciones de CO_2 disminuyó escalonadamente de ±31,39 % en 1990 a ±24,17 % en 2001, ±16,55 % en 2011 y ±11,90 % a partir de 2022. A pesar de esta reducción, esta subcategoría presenta en 2024 una incertidumbre superior a la correspondiente a las absorciones agregadas de las tierras forestales.

6.2.5 AC/CC de la categoría

Las estimaciones correspondientes a la categoría 4.A. Tierras forestales fueron sometidas a los procedimientos de aseguramiento y control de la calidad (AC/CC) implementados para el Inventario Nacional de GEI, con el fin de contribuir a garantizar la transparencia, consistencia, comparabilidad, exhaustividad y exactitud de las estimaciones (IPCC, 2006a).

Las actividades de AC/CC incluyeron la verificación de los datos de actividad, la revisión de la correcta aplicación de las ecuaciones y factores de emisión, la comprobación de la consistencia de las unidades, la validación de los resultados obtenidos, la revisión de la coherencia de la serie temporal y la verificación de la correspondencia entre las bases de cálculo, las Tablas Comunes de Reporte (CRT) y el presente informe. Asimismo, se realizaron revisiones internas para identificar posibles inconsistencias metodológicas, errores de procesamiento o diferencias entre los resultados reportados y las bases de cálculo oficiales. Cuando correspondió, las observaciones derivadas de los procesos de revisión técnica fueron consideradas en el proceso de aseguramiento y control de la calidad del inventario.

6.2.6 Nuevos cálculos de la categoría

La siguiente tabla resume los principales recálculos de la categoría 4.A:

Tabla 6-16. Tierras forestales: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2) en emisiones totales y netas, 1990-2024.

Subcategoría	Reporte	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021
4.A.1.a. Tierras forestales que permanecen como tales (Consumo de leña)	BTR1	16.160,3	15.582,1	14.852,6	14.029,8	13.089,0	11.993,3	11.105,1	10.884,2
4.A.1.a. Tierras forestales que permanecen como tales (Consumo de leña)	BTR2	14.684,8	14.077,6	13.362,8	12.616,1	11.782,6	10.811,2	10.041,4	9.846,9
4.A.1.a. Tierras forestales que permanecen como tales (Consumo de leña)	Diferencia	-1.475,6	-1.504,6	-1.489,8	-1.413,7	-1.306,3	-1.182,1	-1.063,7	-1.037,3
4.A.1.a. Tierras forestales que permanecen como tales (Consumo de leña)	Diferencia (%)	-9,1	-9,7	-10,0	-10,1	-10,0	-9,9	-9,6	-9,5
4.A.1.a. Tierras forestales que permanecen como tales (Consumo de leña)	*Efecto en total de subcategoría 4.A.1 (%)*	-1,9	-1,9	-2,3	-3,0	-2,8	-2,6	-1,6	-1,6
4.A.1.a. Tierras forestales que permanecen como tales (Consumo de leña)	*Efecto en total neto de subcategoría 4.A.1(%)*	-1,9	-2,0	-2,4	-3,2	-3,3	-3,2	-1,8	-1,8
4.A.1.b. Tierras forestales que permanecen como tales (Degradación)	BTR1	42.038,9	42.038,9	32.687,7	24.026,1	20.478,8	18.879,3	33.616,7	32.072,2
4.A.1.b. Tierras forestales que permanecen como tales (Degradación)	BTR2	42.054,4	42.054,4	32.698,3	24.033,6	20.486,9	18.884,5	33.623,5	32.078,7
4.A.1.b. Tierras forestales que	Diferencia	15,5	15,5	10,6	7,4	8,1	5,3	6,8	6,5

Subcategoría	Reporte	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021
permanecen como tales (Degradación)									
4.A.1.b. Tierras forestales que permanecen como tales (Degradación)	Diferencia (%)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4.A.1.b. Tierras forestales que permanecen como tales (Degradación)	*Efecto en total de subcategoría 4.A.1 (%)*	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4.A.1.b. Tierras forestales que permanecen como tales (Degradación)	*Efecto en total neto de subcategoría 4.A.1(%)*	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4.A.1.c. Tierras forestales que permanecen como tales (Conversión de bosque natural a tierras forestales)	BTR1	19.666,7	19.666,7	15.495,8	8.500,2	11.046,1	11.708,2	18.285,2	18.855,4
4.A.1.c. Tierras forestales que permanecen como tales (Conversión de bosque natural a tierras forestales)	BTR2	19.666,7	19.666,7	15.495,8	8.500,2	11.046,1	11.708,2	18.285,2	18.855,4
4.A.1.c. Tierras forestales que permanecen como tales (Conversión de bosque natural a tierras forestales)	Diferencia	-	-	0,0	0,0	-	-	-	-
4.A.1.c. Tierras forestales que permanecen como tales (Conversión de bosque natural a tierras forestales)	Diferencia (%)	-	-	0,0	0,0	-	-	-	-
4.A.1.c. Tierras forestales que permanecen como tales (Conversión de	*Efecto en total de subcategoría 4.A.1 (%)*	-	-	0,0	0,0	-	-	-	-

Subcategoría	Reporte	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021
bosque natural a tierras forestales)									
4.A.1.c. Tierras forestales que permanecen como tales (Conversión de bosque natural a tierras forestales)	*Efecto en total neto de subcategoría 4.A.1 (%)*	-	-	0,0	0,0	-	-	-	-
4.A.1.d. Tierras forestales que permanecen como tales (Plantaciones forestales comerciales)	BTR1	-681,8	-561,9	-1.161,3	-1.963,8	-4.908,5	-5.996,4	-2.664,7	-2.657,7
4.A.1.d. Tierras forestales que permanecen como tales (Plantaciones forestales comerciales)	BTR2	-808,6	-653,3	-1.262,9	-2.048,1	-5.243,3	-6.001,1	-2.780,2	-2.658,4
4.A.1.d. Tierras forestales que permanecen como tales (Plantaciones forestales comerciales)	Diferencia	-126,8	-91,4	-101,6	-84,3	-334,8	-4,7	-115,5	-0,8
4.A.1.d. Tierras forestales que permanecen como tales (Plantaciones forestales comerciales)	Diferencia (%)	18,6	16,3	8,7	4,3	6,8	0,1	4,3	0,0
4.A.1.d. Tierras forestales que permanecen como tales (Plantaciones forestales comerciales)	*Efecto en total de subcategoría 4.A.1 (%)*	-0,2	-0,1	-0,2	-0,2	-0,7	-0,0	-0,2	-0,0
4.A.1.d. Tierras forestales que permanecen como tales (Plantaciones forestales comerciales)	*Efecto en total neto de subcategoría 4.A.1 (%)*	-0,2	-0,1	-0,2	-0,2	-0,8	-0,0	-0,2	-0,0
4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	**BTR1**	**77.184,2**	**76.725,8**	**61.874,8**	**44.592,3**	**39.705,3**	**36.584,4**	**60.342,3**	**59.154,2**

Subcategoría	Reporte	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021
4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	BTR2	75.597,2	75.145,4	60.294,0	43.101,8	38.072,3	35.402,9	59.169,9	58.122,6
4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	Diferencia	-1.586,9	-1.580,5	-1.580,7	-1.490,5	-1.633,0	-1.181,5	-1.172,3	-1.031,6
4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	Diferencia (%)	-2,1	-2,1	-2,6	-3,3	-4,1	-3,2	-1,9	-1,7
4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	*Efecto en total de categoría 4.A (%)*	-2,0	-2,0	-2,5	-3,1	-3,6	-2,6	-1,7	-1,5
4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	*Efecto en total neto de categoría 4.A (%)*	-2,1	-2,1	-2,6	-3,5	-4,4	-3,4	-2,0	-1,8
4.A.2. Tierras convertidas a tierras forestales	BTR1	-125,2	-751,0	-1.376,9	-2.214,1	-2.530,9	-1.928,9	-1.482,0	-1.357,3
4.A.2. Tierras convertidas a tierras forestales	BTR2	-125,2	-751,0	-1.376,9	-2.214,1	-2.530,9	-1.928,9	-1.482,0	-1.357,3
4.A.2. Tierras convertidas a tierras forestales	Diferencia	-	-	-	0,0	0,0	-	-	0,0
4.A.2. Tierras convertidas a tierras forestales	Diferencia (%)	-	-	-	-0,0	-0,0	-	-	-0,0
4.A.2. Tierras convertidas a tierras forestales	*Efecto en total de categoría 4.A (%)*	-	-	-	0,0	0,0	-	-	0,0
4.A.2. Tierras convertidas a tierras forestales	*Efecto en total neto de categoría 4.A (%)*	-	-	-	0,0	0,0	-	-	0,0
4.A. Tierras forestales	BTR1	*77.059,0*	*75.974,8*	*60.497,9*	*42.378,2*	*37.174,4*	*34.655,5*	*58.860,3*	*57.796,9*

Subcategoría	Reporte	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021
4.A. Tierras forestales	BTR2	*75.472,1*	*74.394,3*	*58.917,2*	*40.887,7*	*35.541,4*	*33.474,0*	*57.687,9*	*56.765,2*
4.A. Tierras forestales	Diferencia	-1.586,9	-1.580,5	-1.580,7	-1.490,5	-1.633,0	-1.181,5	-1.172,3	-1.031,6
4.A. Tierras forestales	Diferencia (%)	-2,1	-2,1	-2,6	-3,5	-4,4	-3,4	-2,0	-1,8
4.A. Tierras forestales	Efecto en total de sector (%)	-1,2	-1,2	-1,4	-1,5	-1,8	-1,4	-1,0	-0,9
4.A. Tierras forestales	Efecto en total neto de sector (%)	-1,3	-1,3	-1,5	-1,8	-2,2	-1,9	-1,2	-1,1
4. Silvicultura, uso y cambio de uso de la tierra	BTR1	*121.788,9*	*124.332,9*	*105.074,7*	*83.002,3*	*72.605,6*	*62.187,9*	*98.627,8*	*96.603,1*
4. Silvicultura, uso y cambio de uso de la tierra	BTR2	*120.054,1*	*122.715,8*	*103.428,2*	*81.603,3*	*70.838,1*	*60.974,4*	*97.865,7*	*97.036,3*
4. Silvicultura, uso y cambio de uso de la tierra	Diferencia	-1.734,8	-1.617,1	-1.646,5	-1.399,0	-1.767,6	-1.213,6	-762,0	433,2
4. Silvicultura, uso y cambio de uso de la tierra	Diferencia (%)	-1,4	-1,3	-1,6	-1,7	-2,4	-2,0	-0,8	0,4

Fuente: Elaboración propia

Los recálculos realizados en la categoría 4.A. Tierras forestales responden principalmente a la validación y al refinamiento en el procesamiento de los datos de actividad, así como a la inclusión de las estimaciones correspondientes a los años 2021, 2022 y 2023. El impacto neto de estos nuevos cálculos modificó tanto el total de las emisiones como la tendencia histórica de la categoría. Específicamente, los recálculos ajustaron las emisiones netas de Tierras forestales de -1 586,9 kt CO_2eq (-2,1 %) para el año 1990 a -1 031,6 kt CO_2eq (-1,8 %) para el año 2021. Este comportamiento se deriva casi en su totalidad de la revisión de las subcategorías Tierras forestales que permanecen como tales (Consumo de leña) y Tierras forestales que permanecen como tales (Plantaciones forestales).

La categoría 4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales, presentan una tendencia consistente en las emisiones netas a lo largo del periodo de análisis. Sin embargo, algunas subcategorías muestran fluctuaciones. En 4.A.1.a. Tierras forestales que permanecen como tales (Consumo de leña), las diferencias porcentuales en la estimación neta varían de -1,9 % (1990) a -1,6 % (2021), debido a la revisión técnica de los datos de actividad. Por su parte, la subcategoría 4.A.1.d. Tierras forestales que permanecen como tales (Plantaciones forestales), presenta un comportamiento variable entre el reporte anterior y el BTR2, con fluctuaciones del orden del -0,2 % a lo largo de la serie, derivadas de la incorporación de información más reciente para mejorar la representatividad y consistencia del inventario.

La Figura 6-8 presenta la variación entre BTR1 y BTR2 de la categoría 4.A.

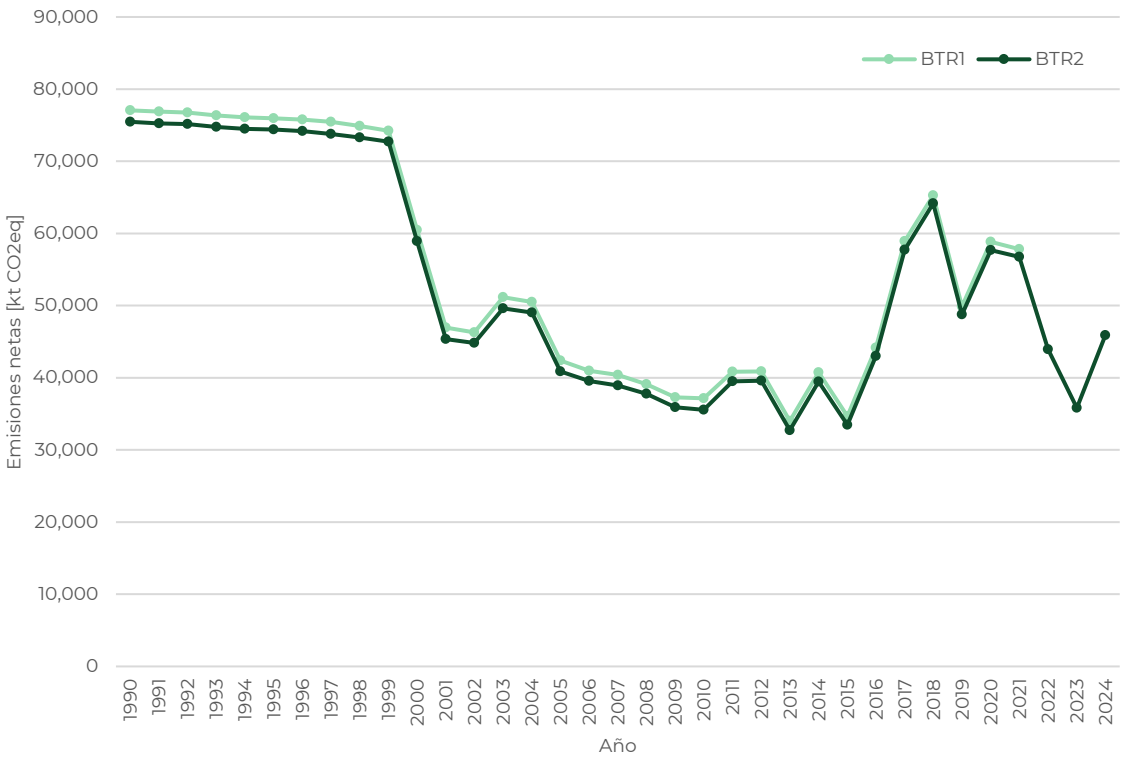


Figura 6-8. Tierras forestales: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2) en emisiones netas, 1990-2024.

Fuente: Elaboración propia.

6.2.7 Mejoras planeadas de la categoría

Las mejoras planeadas para la presente categoría 4.A. Tierras forestales se orientan en el fortalecimiento, representatividad, consistencia temporal, comparabilidad, exactitud y exhaustividad. Estas actividades priorizadas responden a las oportunidades de mejora identificadas a partir de los procesos de control de calidad (QA/QC), análisis de incertidumbre, resultados de talleres de socialización y la revisión de la disponibilidad de información sectorial, por otra parte, las recomendaciones formuladas desde el apoyo externo como CIAT y/o taller de metano CMNUCC. Su implementación se desarrollará bajo la premisa de articulación interinstitucional asegurando la coherencia con las Directrices del IPCC.

Las oportunidades de mejora específicas para esta categoría se presentan en la Tabla 6-17, en las cuales se detallan los periodos de implementación, los actores responsables y la priorización correspondiente para las diferentes subcategorías.

Tabla 6-17. Tierras forestales. Plan de mejora

Subcategoría	Oportunidad de mejora	Periodo	Actores	Priorización
4.A. Tierras forestales	Incluir una definición clara de tierras gestionadas en el inventario, consistente con los marcos legales nacionales y las directrices del IPCC.	1990-2024	Ideam-SEA	BTR4
	Habilitar la aplicación del Enfoque 3 para los cambios de uso del suelo mediante la mejora de la resolución espacial y temporal en todas las categorías de uso del suelo.	1990-2024	Ideam-SMByC	BTR5
	Desarrollar la desagregación del tipo de suelo (mineral vs. orgánico) en concordancia con las categorías del IPCC.	1990-2024	Ideam-IFN	BTR4
	Corregir problemas clave en la definición, cálculo y reporte de las emisiones provenientes de suelos orgánicos.	1990-2024	Ideam-SEA	BTR3
	Determinar la desagregación del bosque gestionados y no gestionados	1990-2024	Ideam-SMByC	BTR6
	Mejorar la consistencia en el reporte de emisiones y remociones para tierras forestales que permanecen como tales, asegurando la alineación con la ecuación 2.11 del IPCC y las MPGs.	1990-2024	Ideam-IFN	BTR5
	Desarrollar una metodología de Nivel 2 para estimar los cambios en las existencias de carbono en la materia orgánica muerta (DOM) en tierras forestales que permanecen como tales (4.A.1), particularmente para el consumo de leña (4.A.1.a) y las plantaciones forestales (4.A.1.d).	1990-2024	Ideam-SEA	BTR4
4.A.1.a. Tierras forestales que permanencen como tales (bosque natural)	Analizar la degradación del bosque natural considerando actividades asociadas a pérdidas permanentes o temporales de existencias de carbono, tales como incendios, aprovechamiento y proximidad a carreteras.	1990-2024	Ideam- SMByC	BTR4
	Refinar los factores de degradación utilizando información derivada del 100 % de las unidades de muestreo del Inventario Forestal Nacional (IFN).	1990-2024	Ideam-IFN	BTR4
	Revisar y ajustar la reconstrucción de los datos faltantes de degradación para el período 1990–2012, de conformidad con la orientación del IPCC para el llenado de vacíos de datos.	1990-2024	MinAmbiente	BTR5
4.A.1.a. Tierras forestales que permanecen como tales (bosque natural)	Incluir en el análisis de tipificación de la deforestación la desagregación en bosque núcleo y borde de bosque, y extender el análisis hasta el año más reciente disponible.	1990-2024	Ideam-SEA	BTR4
	Revisar y ajustar la reconstrucción de los datos faltantes de tipificación de la deforestación para el período 1990–2000, conforme a las directrices del IPCC para el llenado de vacíos de datos.	1990-2024	Ideam-SMByC	BTR5
	Utilizar mapas de cobertura del suelo (por ejemplo, CLC) para identificar áreas forestales adicionales que no cumplen con la definición de bosque natural utilizada en los análisis del SMByC (como los arbustales), así como determinar el uso del suelo antes y después de la conversión a tierras forestales.	1990-2024	Ideam-SEA	BTR6

Subcategoría	Oportunidad de mejora	Periodo	Actores	Priorización
	Refinar los factores de deforestación utilizando datos del 100 % de las unidades de muestreo del Inventario Forestal Nacional (IFN) y compilar datos de existencias de carbono para usos del suelo distintos al bosque en diferentes reservorios de carbono.	1990-2024	Ideam- SMByC	BTR3
	Reasignar las emisiones actualmente reportadas en Agricultura (3.D.1.e) al sector LULUCF (4.III) cuando correspondan a tierras forestales, asegurando la consistencia con las directrices del IPCC.	1990-2024	Ideam-SEA-Ecopetrol	BTR3
4.A.1.d. Tierras forestales que permanecen como tales (Plantaciones forestales comerciales)	Recopilar información sobre la aplicación de fertilizantes nitrogenados en plantaciones forestales comerciales mediante consultas a expertos y revisión de la literatura disponible	1990-2024	Ideam-SEA ICA	BTR3
4.A.2. Tierras convertidas a tierras forestales	Identificar los cambios de uso del suelo desde otras categorías hacia tierras forestales utilizando mapas de cobertura del suelo (con base en el mapa de cobertura CLC) para completar la matriz de cambio de uso del suelo.	1990-2024	Ideam-SEA	BTR5

Fuente: Elaboración propia

6.3 Tierras de cultivo (CRT 4.B)

6.3.1 Descripción y tendencia de las emisiones y absorciones atmosféricas de la categoría

En Colombia, esta categoría incluye los principales cultivos permanentes y las tierras forestales convertidas a tierras de cultivo, para las cuales se estiman las emisiones y absorciones derivadas de los cambios de uso y manejo de estas superficies durante la serie temporal del inventario (IPCC, 2006, IPCC, 2019). Esto incluye los principales cultivos permanentes (café, palma de aceite, cacao, aguacate, caucho, mango, limón, mandarina, naranja, tangelo, marañón y otros cultivos permanentes), así como las tierras forestales convertidas a tierras de cultivo, para las cuales se estiman los cambios en las existencias de carbono derivados de las transiciones de uso de la tierra (Ideam, 2024).

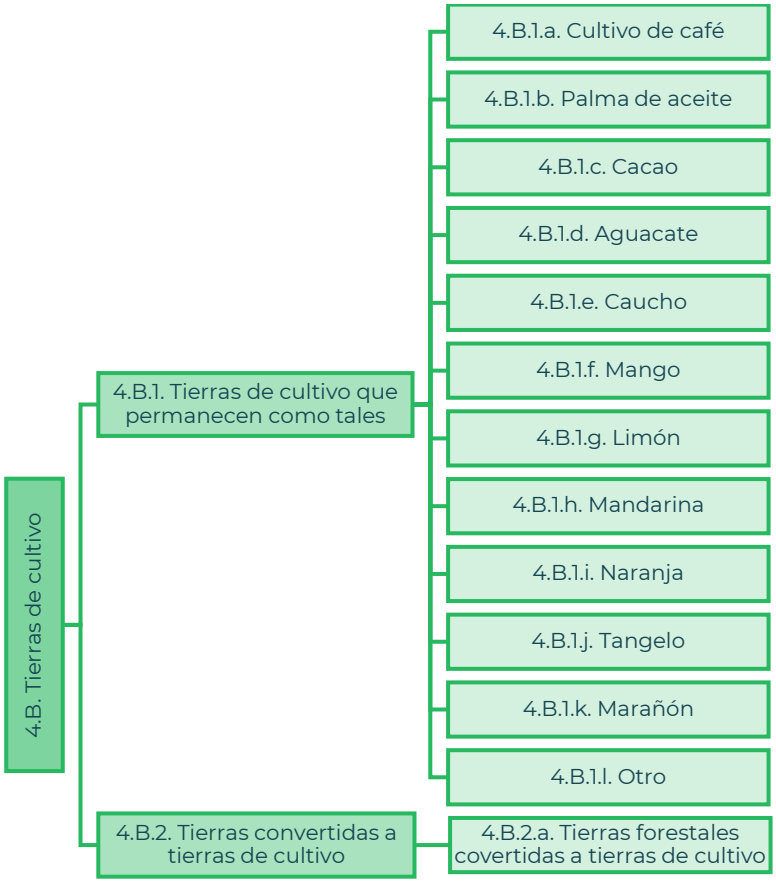


Figura 6-9. Tierras de cultivo: Estructura de la categoría 4.B. Tierras de cultivo y subcategorías consideradas en el Inventario Nacional de GEI

Nota: La categoría 4.B.1 comprende las tierras de cultivo que permanecen como tales, mientras que la categoría 4.B.2 corresponde a las tierras convertidas a tierras de cultivo.

Fuente: Elaboración propia

La Figura 6-9 presenta la estructura de la categoría 4.B. Tierras de cultivo y las subcategorías consideradas en el Inventario Nacional de GEI. La categoría comprende las tierras de cultivo que permanecen como tales (4.B.1), desagregadas en los principales cultivos permanentes reportados por el país, y las tierras convertidas a tierras de cultivo (4.B.2), representadas por la subcategoría 4.B.2.a. Tierras forestales convertidas a tierras de cultivo. Esta estructura corresponde a las categorías de reporte establecidas en las Directrices del IPCC de 2006 y constituye la base para la estimación de las emisiones y absorciones de CO_2 asociadas a los cambios en las existencias de carbono de la biomasa y del suelo (IPCC, 2006a).

La tendencia de emisiones netas para esta categoría. En el periodo 1990–2024, las emisiones netas de la categoría disminuyeron de 10.844,9 kt CO_2eq a 1.751,3 kt CO_2eq, oscilan entre absorciones -4.658,3 kt CO_2eq a -9.270,0 kt CO_2eq, así mismo se registran las emisiones que varían entre 15.503,2 kt CO_2eq a 11.021,2 kt CO_2eq, equivalente a una reducción del 83,9 %. Esta tendencia refleja principalmente la disminución progresiva de las emisiones derivadas de la conversión de tierras forestales a cultivos y la mayor contribución de varios cultivos permanentes como sumideros de carbono.

En el año 2024, la categoría 4.B. Tierras de cultivo representó el 2,3 % del balance neto del sector LULUCF. Su contribución está determinada principalmente por las emisiones asociadas a la conversión de tierras forestales a tierras de cultivo y por las absorciones generadas en los principales cultivos permanentes considerados en el inventario nacional. La categoría registró emisiones netas de 1.751,3 kt CO_2eq, lo que representa un incremento del 8,2 % respecto a 2023 (1.617,6 kt CO_2eq). Este aumento se encuentra asociado principalmente al crecimiento de las emisiones para algunas subcategorías como 4.B.2.a. Tierras forestales convertidas a tierras de cultivo de 417,4 kt CO_2eq (2023) a 455,7 kt CO_2eq.

En 2024, la principal fuente de emisiones correspondió a la subcategoría 4.B.1.l. Otros cultivos de 3.223,5 kt CO_2eq, equivalente al 29,2 % del total de la categoría, seguido por 4.B.1.g. limón de 2.796,8 kt CO_2eq que representa el 25,4 %, 4.B.1.a. Cultivo de café 2.645,0 kt CO_2eq (24,0 %), las siguientes subcategorías como 4.B.1.i.

Naranja y 4.b.1.b. palma de aceite presentan menor participación con 4.2 % (464,2 kt CO_2eq). En contraste las absorciones presentan como principal fuente sumidero corresponde a las subcategorías 4.B.1.a. Café de -3.404,2 kt CO_2eq representado (36,7 %), así mismo 4.B.1.c. Cacao (-2.199,6 kt CO_2eq) y 4.B.1.b. Palma de aceite (-1.752,7 kt CO_2eq) representan 23,7 % y 18,9 % respectivamente.

Las mayores variaciones de la serie temporal se presentan entre 1995 y 2005, periodo durante el cual las emisiones netas disminuyeron significativamente como consecuencia de la reducción de las emisiones asociadas a la conversión de tierras forestales a cultivos. A partir de 2020 se observa un incremento gradual de las emisiones netas, asociado principalmente al comportamiento de las tierras convertidas a tierras de cultivo y a las variaciones registradas en algunos cultivos permanentes.

La Tabla 6-18 presenta las emisiones y absorciones de GEI de la categoría 4.B. Tierras de cultivo para los años seleccionados de la serie temporal 1990–2024, desagregadas por categoría y subcategoría. Los resultados muestran la evolución de las emisiones y absorciones asociadas a las tierras de cultivo que permanecen como tales y a las tierras convertidas a tierras de cultivo, permitiendo identificar la contribución de los diferentes cultivos permanentes y de la conversión de tierras forestales al balance de CO_2 de la categoría. En 2024 predominaron las emisiones asociadas a las tierras forestales convertidas a tierras de cultivo y a la subcategoría Otros cultivos permanentes, mientras que cultivos como cacao, palma de aceite, café y caucho continuaron actuando como sumideros netos de carbono.

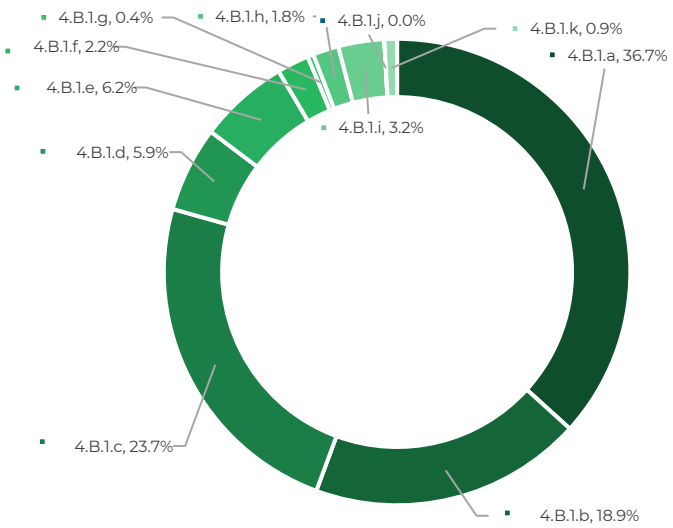
Tabla 6-18. Tierras de cultivo: Emisiones y absorciones de GEI por categoría y subcategoría (kt CO_2eq)

Subcategoría	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	733,1	851,1	802,6	783,4	1.239,5	67,4	-302,5	-266,6	284,2	1.200,2	1.295,6
4.B.1.a. Cultivo de café	715,0	543,7	207,1	123,3	-125,5	-187,7	-464,3	-618,8	-784,8	-687,4	-759,2
4.B.1.b. Palma de aceite	-358,0	-357,3	-441,5	-849,2	-1.242,4	-1.213,1	-1.587,0	-1.488,7	-1.287,3	-1.287,7	-1.288,5
4.B.1.c. Cacao	-1.169,5	-1.169,5	-1.169,5	-1.291,6	-776,1	-1.282,8	-1.792,8	-1.981,9	-1.897,3	-1.446,9	-1.779,0
4.B.1.d. Aguacate	-35,3	-42,2	7,4	-47,2	-28,2	-79,7	-205,2	-299,0	-196,8	-422,4	-254,4
4.B.1.e. Caucho	-55,1	-55,1	-55,1	-55,1	-91,4	-295,9	-518,7	-548,2	-577,7	-578,8	-578,8
4.B.1.f. Mango	-42,1	-31,4	-44,5	-50,0	296,7	-45,5	-57,3	-106,8	-63,9	-150,6	-195,2
4.B.1.g. Limón	12,5	139,9	203,0	357,8	326,8	472,2	1.019,5	1.957,5	2.165,2	2.725,2	2.758,5
4.B.1.h. Mandarina	-0,1	-1,4	-28,0	159,6	-43,9	-83,0	-58,7	-108,1	-99,9	-139,6	26,8
4.B.1.i. Naranja	-21,9	-23,1	-44,0	-47,5	-1,7	-28,9	-34,5	-272,3	-139,0	36,0	190,7
4.B.1.j. Tangelo	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,2	-0,4	0,8	-0,2	0,0	-0,1	-0,4
4.B.1.k. Marañón	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	-4,8	18,7	-23,5	-57,7	-71,0	-48,5
4.B.1.l. Otro	1.687,5	1.847,4	2.167,6	2.483,1	2.925,0	2.816,9	3.376,8	3.223,5	3.223,5	3.223,5	3.223,5
4.B.2. Tierras convertidas a tierras de cultivo	10.111,8	11.016,4	6.124,6	2.129,4	2.092,3	1.240,9	622,0	627,5	542,4	417,4	455,7
4.B.2.a. Tierras forestales covertidas a tierras de cultivo	10.111,8	11.016,4	6.124,6	2.129,4	2.092,3	1.240,9	622,0	627,5	542,4	417,4	455,7
4.B. Tierras de cultivo	**10.844,9**	**11.867,6**	**6.927,2**	**2.912,7**	**3.331,8**	**1.308,4**	**319,5**	**360,8**	**826,6**	**1.617,6**	**1.751,3**

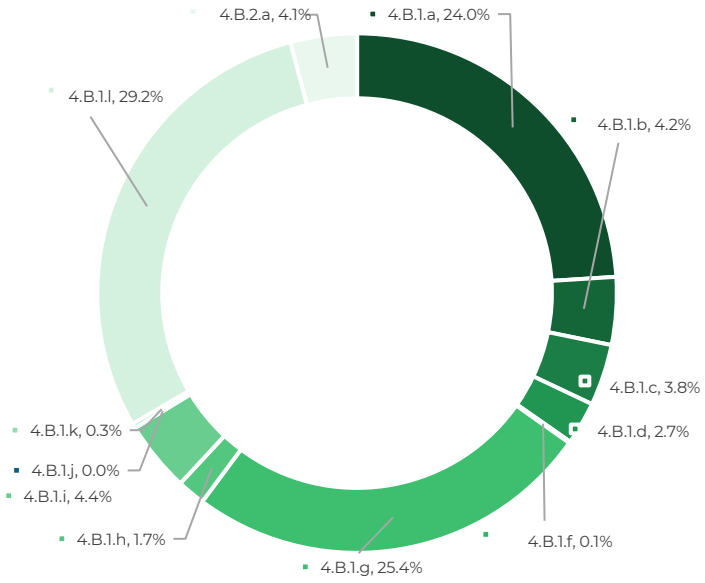
Nota: Los valores negativos corresponden a absorciones netas de CO_2.

Fuente: Elaboración propia

Participación en Absorciones (2024)



Participación de Emisiones Total (2024)



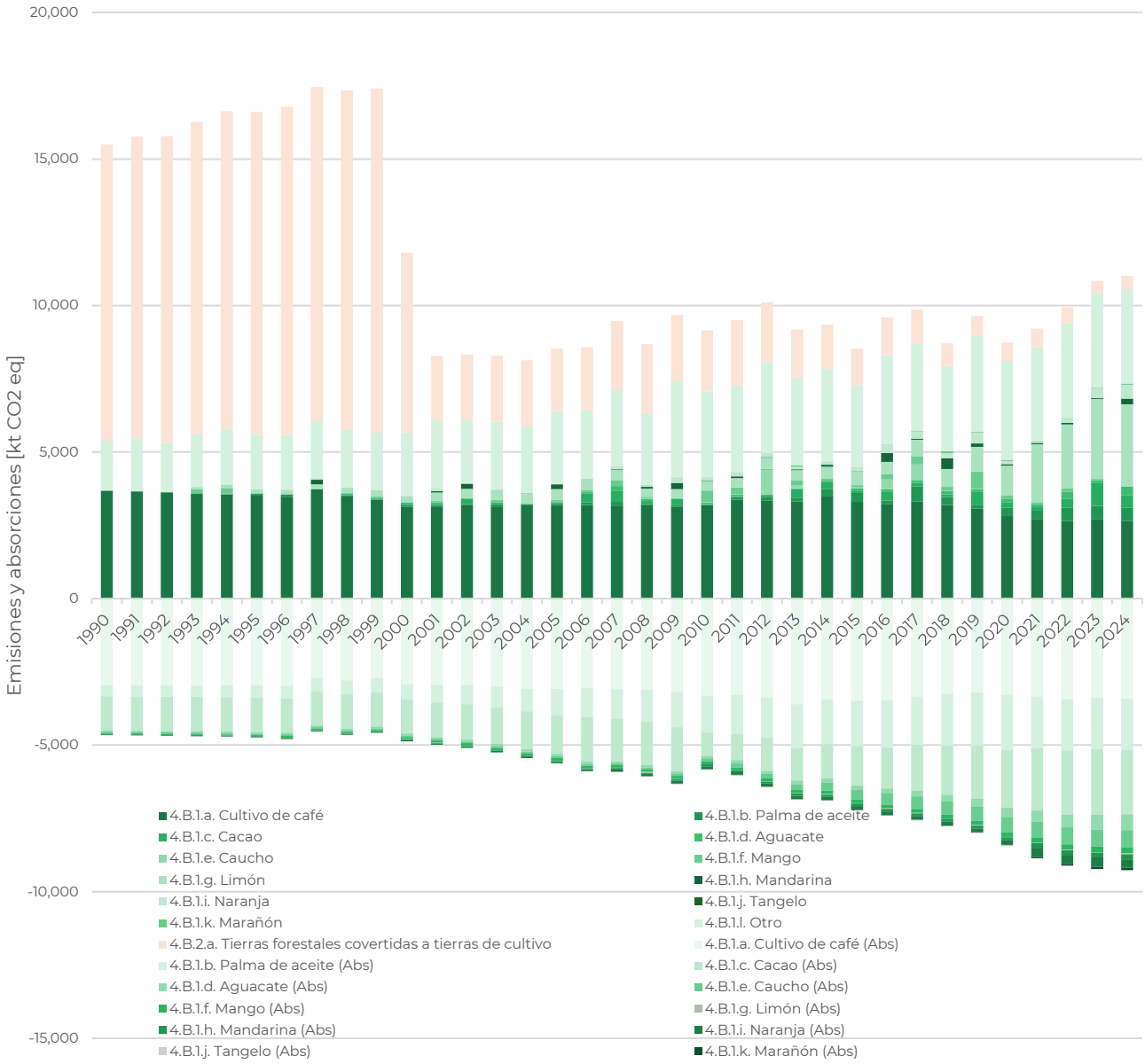


Figura 6-10. Tierras de cultivo: Emisiones y absorciones de GEI por subcategoría, 1990–2024. Nota: La figura presenta la evolución temporal de las emisiones y absorciones de CO_2 de las subcategorías de la categoría 4.B Tierras de cultivo.

Fuente: Elaboración propia

La Figura 6-10 presenta la evolución de las emisiones y absorciones de GEI de la categoría 4.B. Tierras de cultivo durante el periodo 1990–2024, así como la participación de las principales subcategorías en el balance neto de emisiones para 2024. Se observa que las tierras de cultivo que permanecen como tales (4.B.1) concentraron el 74,0 % del balance de la categoría, mientras que las tierras convertidas a tierras de cultivo (4.B.2) representaron el 26,0 %. Entre las subcategorías de 4.B.1, los mayores aportes positivos correspondieron a Otros cultivos permanentes, limón y naranja, mientras que cacao, palma de aceite, café y caucho registraron las principales absorciones de CO_2 durante 2024. Asimismo, la figura evidencia la disminución de las emisiones netas respecto al año base y la variabilidad temporal asociada a los cambios en las coberturas de uso de la tierra y al comportamiento de los diferentes cultivos permanentes.

La categoría 4.B. Tierras de cultivo muestra una reducción significativa de las emisiones netas respecto al año base, explicada principalmente por la disminución de las emisiones asociadas a la conversión de tierras forestales a cultivos y por el incremento de las absorciones en varios cultivos permanentes.

En la categoría 4.B. Tierras de cultivo únicamente se estiman emisiones y absorciones de CO_2 asociadas a los cambios en las existencias de carbono de la biomasa viva, la materia orgánica muerta y el carbono orgánico del suelo (IPCC, 2006a). La Tabla 6-19 presenta las emisiones totales de GEI reportadas para la categoría, evidenciando que no aplica estiman emisiones de HFC, PFC, SF_6 ni NF_3, las cuales se reportan mediante la clave de notación NA (UNFCCC, 2024).

Tabla 6-19. Tierras de cultivo: Emisiones totales de GEI (kt CO_2eq)

GEI	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
CO_2	10.844,9	11.867,6	6.927,2	2.912,7	3.331,8	1.308,4	319,5	360,8	826,6	1.617,6	1.751,3
CH_4	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
N_2O	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
HFC	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
PFC	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
SF_6	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
NF_3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Total	**10.844,9**	**11.867,6**	**6.927,2**	**2.912,7**	**3.331,8**	**1.308,4**	**319,5**	**360,8**	**826,6**	**1.617,6**	**1.751,3**

Nota: Nota: Para esta categoría únicamente se estiman emisiones y absorciones de CO_2 asociadas a cambios en las existencias de carbono de la biomasa, la materia orgánica muerta y los suelos. Los demás gases no aplican para esta categoría de acuerdo con las Directrices del IPCC de 2006. Fuente: Elaboración propia

Para la categoría 4.B. Tierras de cultivo no aplican la estimación emisiones de carbono negro (CN) ni contaminantes criterio (CR), dado que las metodologías aplicadas se limitan a la estimación de los cambios en las existencias de carbono de la biomasa viva, la biomasa muerta, la materia orgánica muerta y el carbono orgánico del suelo (IPCC, 2006b). Las emisiones asociadas a la quema de biomasa en tierras de cultivo se estiman y reportan de manera independiente en la categoría 4(IV). Quema de biomasa. En consecuencia, estas sustancias se reportan mediante las claves de notación correspondientes en las Tablas Comunes de Reporte (CRT) (EEA, 2019; UNFCCC, 2024).

Las estimaciones de la categoría 4.B. Tierras de cultivo incluyen todas las subcategorías y fuentes de emisión y absorción identificadas como aplicables para Colombia, de conformidad con las Directrices del IPCC de 2006. Las subcategorías, gases o fuentes no aplicables para esta categoría se reportan utilizando las claves de notación correspondientes en las Tablas Comunes de Reporte (CRT), garantizando la exhaustividad y transparencia del inventario nacional (IPCC, 2006b; UNFCCC, 2024).

6.3.2 Aspectos metodológicos de la categoría

Las estimaciones de emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero (GEI) para la categoría 4.B. Tierras de cultivo se realizaron de conformidad con las Directrices del IPCC de 2006, Volumen 4 Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra (AFOLU), Capítulo 2, empleando los métodos y ecuaciones recomendados para la cuantificación de los cambios en las existencias de carbono asociados a las tierras de cultivo (IPCC, 2006, IPCC, 2019).

La categoría comprende las subcategorías 4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales y 4.B.2. Tierras convertidas a tierras de cultivo, para las cuales se estiman los cambios en las existencias de carbono de la biomasa viva, biomasa muerta, materia orgánica muerta y carbono orgánico del suelo, considerando las características de los diferentes cultivos permanentes y las transiciones de uso de la tierra incluidas en el Inventario Nacional de GEI (IPCC, 2006b).

Para la subcategoría 4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales, las estimaciones se realizaron mediante una combinación de metodologías de nivel 1 (Tier 1) y nivel 2 (Tier 2), de acuerdo con la disponibilidad de información nacional. La biomasa aérea se estimó utilizando factores específicos para Colombia, mientras que los cambios en las existencias de carbono de la biomasa viva, la biomasa muerta, la materia orgánica muerta y el carbono orgánico del suelo asociados a la conversión de otros usos de la tierra hacia tierras de cultivo se estimaron mediante las metodologías establecidas en las Directrices del IPCC de 2006, empleando factores de emisión por defecto o factores específicos nacionales, según correspondiera (Ideam, 2024; IPCC, 2006b).

Para la subcategoría 4.B.2. Tierras convertidas a tierras de cultivo, las estimaciones se realizaron mediante el enfoque de pérdidas y ganancias recomendado por las Directrices del IPCC de 2006, para cuantificar las variaciones en las existencias de carbono de la biomasa, la madera muerta, la hojarasca y el carbono orgánico del suelo asociadas a la conversión de otros usos de la tierra hacia tierras de cultivo (IPCC, 2006b).

Los cálculos fueron desarrollados en las hojas de estimación del Inventario Nacional de GEI, utilizando los datos de actividad descritos en la Sección 6.3.2.1, provenientes principalmente del Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC), el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), el Ideam y demás fuentes oficiales empleadas en el inventario nacional (Ideam, 2021d, 2024; IGAC, 2014).

La Tabla 6-20 presenta el resumen de las metodologías, niveles (Tier), ecuaciones y fuentes metodológicas empleadas para la estimación de las emisiones y absorciones de GEI en la categoría 4.B. Tierras de cultivo.

En esta categoría únicamente se estiman emisiones y absorciones de CO_2. No se estiman emisiones de CH_4, N_2O, HFC, PFC, SF_6, NF_3, carbono negro (CN) ni contaminantes criterio, de conformidad con el alcance metodológico definido para la categoría 4.B en las Directrices del IPCC de 2006. Las metodologías aplicadas permiten estimar todas las fuentes y sumideros identificados como aplicables para la categoría 4.B. Tierras de cultivo, garantizando la consistencia metodológica, la comparabilidad temporal y la transparencia de las estimaciones reportadas (UNFCCC, 2024).

Tabla 6-20. Tierras de cultivo: Metodologías y ecuaciones empleadas para la estimación de GEI

Categoría	Gas	Nivel	No. Ecuación	Ecuación	Referencia
4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales – Biomasa	CO_2	2	V.4, Ch.2, Ec. 2.7, 2.9, 210, 2.15 y 2.16	$$\Delta C_B = \Delta C_G - \Delta C_L$$ Dónde: ΔC_B = Variación anual de las reservas de carbono de la biomasa. t C/$año$ ΔC_G = Aumento anual de las reservas de carbono de la biomasa. t C/$año$ ΔC_L = Disminución anual de las reservas de carbono de la biomasa. t C/ año $$\Delta C_G = \Sigma(A * G_{total} * CF)$$ Dónde: $\Delta \mathbf{C_G}$ = Aumento anual de las reservas de carbono de la biomasa. t C/año A= Área de tierras que permanecen en la misma categoría. ha G_{total} = Crecimiento medio anual de la biomasa. t m.s/ ha.año CF = Fracción de carbono de la materia seca. t C/(tonelada m.s) $$G_{total} = \Sigma(G_w * (1 + R))$$ Dónde: G_{total} = Crecimiento medio anual de la biomasa. t m.s ha^{-1} $año^{-1}$ G_w = Crecimiento medio anual de la biomasa por encima del suelo. t m.s/ ha.año R = Relación entre la biomasa subterránea y la biomasa por encima del suelo. t_{BG} m.s/(t_{AG} m.s) $$\Delta C_B = \Delta C_G + \Delta Conversión - \Delta C_L$$ Dónde: $\Delta \boldsymbol{C_B}$ = Variación anual de las reservas de carbono de la biomasa. t C/año $\Delta \boldsymbol{C_G}$ = Aumento anual de las reservas de carbono de la biomasa t C/año $\Delta \boldsymbol{C_L}$ = Disminución anual de las reservas de carbono de la biomasa. t C/ año $$\Delta C_{conversión} = \Sigma\left(\left(B_{después} - B_{antes}\right) * \Delta A_{otras}\right) * CF$$ Dónde: $B_{después=}$ Existencia de biomasa en tipo tierra i antes de la conversión. t.d.m/ha $B_{antes=}$ Existencia de biomasa en tipo tierra i antes de la conversión. t.d.m/ha $\Delta A_{otras=}$ Superficie de uso de la tierra i convertida a otra categoría de uso. ha/año CF =Fracción de carbono de la materia seca. t C/(t m.s)	IPCC, 2006

Categoría	Gas	Nivel	No. Ecuación	Ecuación	Referencia
4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales – Madera muerta y hojarasca	CO_2	2	V.4, Ch.2, Ec. 2.18	$\Delta C_{DOM} = A * ((DOM_{in} - DOM_{out}) * CF)$ Donde: ΔC_{DOM} = cambio anual en las existencias de carbono de los depósitos de madera muerta/hojarasca. t C/año A = superficie de tierra gestionada. ha DOM_{in} = transferencia anual promedio de biomasa al depósito de madera muerta/hojarasca debido a procesos y perturbaciones anuales. t d.m/ha.año. DOM_{out} = pérdida de carbono promedio anual por descomposición y perturbaciones procedente de depósitos de madera muerta o de hojarasca. t d.m/ha.año CF = fracción de carbono de materia seca. t.C/(t d.m.)	IPCC, 2006
4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales – Suelos minerales	CO_2	2	V.4, Ch.2, Ec. 2.25	$\Delta C_{Minerales} = ((SOC_0 - SOC_{(0-T)})/D)$ Dónde: $SOC_{0=}$ Existencia de carbono orgánico en suelos en el último año de un periodo en el inventario. t C $SOC_{0-T=}$ Existencia de carbono orgánico en suelos al comienzo de un periodo en el inventario. t C $D_=$ Cantidad de tiempo de un periodo dado $SOC = \Sigma\ (SOC_{REF} * F_{LU} * F_{MG} * F_I * A)$ Dónde: $F_{LU=}$ Factor de cambio de existencias para sistemas de uso de la tierra. $F_{MG=}$ Factor de cambio de existencias para regímenes de gestión. $F_{LU=}$ Factor de cambio de existencias para el aporte de materia orgánica.	IPCC, 2006
4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales – Suelos orgánicos	CO_2	1	V.4, Ch.2, Ec. 2.26	$L_{orgánicos} = \Sigma(A * EF)$ Dónde: A =Superficie de suelos orgánicos drenados por tipo de clima. ha. EF=Factor de emisión por el tipo de clima. t C/ha.año	IPCC, 2006
4.B.2. Tierras convertidas a tierras de cultivo – Biomasa	CO_2	2	V.4, Ch.2, Ec. 2.15 y 2.16	$\Delta C_B = \Delta C_G + \Delta Conversión - \Delta C_L$ Dónde: ΔC_B = Variación anual de las reservas de carbono de la biomasa. t $C.$ año^{-1} ΔC_G = Aumento anual de las reservas de carbono de la biomasa. t C/año ΔC_L = Disminución anual de las reservas de carbono de la biomasa. t C/ año $\Delta C_{conversión} = \Sigma((B_{después} - B_{antes}) * \Delta A_{otras}) * CF$ Dónde: $B_{después=}$ Existencia de biomasa en tipo tierra i antes de la conversión. t.d.m/ha.año $B_{antes=}$ Existencia de biomasa en tipo tierra i antes de la conversión. t.d.m/ha.año	IPCC, 2006

Categoría	Gas	Nivel	No. Ecuación	Ecuación	Referencia
				$\Delta A_{otras=}$ Superficie de uso de la tierra i convertida a otra categoría de uso. ha/año CF =Fracción de carbono de la materia seca. t C/(t m.s)	
4.B.2. Tierras convertidas a tierras de cultivo – Madera muerta y hojarasca	CO_2	2	V.4, Ch.2, Ec. 2.18	$\Delta C_{DOM} = A * ((DOM_{in} - DOM_{out}) * CF)$ Donde: ΔC_{DOM} = cambio anual en las existencias de carbono de los depósitos de madera muerta/hojarasca. t C/año A = superficie de tierra gestionada. ha DOM_{in} = transferencia anual promedio de biomasa al depósito de madera muerta/hojarasca debido a procesos y perturbaciones anuales. t d.m/ha.año. DOM_{out} = pérdida de carbono promedio anual por descomposición y perturbaciones procedente de depósitos de madera muerta o de hojarasca. . t d.m/ha.año. CF = fracción de carbono de materia seca. t.C/(t d.m.)	IPCC, 2006
4.B.2. Tierras convertidas a tierras de cultivo – Suelos minerales	CO_2	2	V.4, Ch.2, Ec. 2.25	$\Delta C_{Minerales} = ((SOC_0 - SOC_{(0-T)})/D)$ Dónde: $SOC_{0=}$ Existencia de carbono orgánico en suelos en el último año de un periodo en el inventario. t C $SOC_{0-T=}$ Existencia de carbono orgánico en suelos al comienzo de un periodo en el inventario. t C $D_=$ Cantidad de tiempo de un periodo dado. $SOC = \Sigma (SOC_{REF} * F_{LU} * F_{MG} * F_I * A)$ Dónde: $F_{LU=}$ Factor de cambio de existencias para sistemas de uso de la tierra. $F_{MG=}$ Factor de cambio de existencias para regímenes de gestión. $F_{LU=}$ Factor de cambio de existencias para el aporte de materia orgánica.	IPCC, 2006

Nota: Para la categoría 4.B únicamente se estiman emisiones y absorciones de CO_2. No se estiman emisiones de carbono negro (CN) ni contaminantes criterio.

Fuente: Elaboración propia

6.3.2.1 Datos de actividad de la categoría

Los datos de actividad utilizados para la estimación de las emisiones y absorciones de GEI en la categoría 4.B. Tierras de cultivo corresponden principalmente a las superficies ocupadas por cultivos permanentes y a las áreas de tierras forestales convertidas a tierras de cultivo. La información proviene de fuentes oficiales nacionales y fue armonizada para garantizar la consistencia metodológica y temporal del Inventario Nacional de GEI (Ideam, 2024).

Para la subcategoría 4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales, los datos de actividad corresponden a las áreas sembradas y cosechadas de los principales cultivos permanentes considerados en el inventario, incluyendo café, palma de aceite, cacao, aguacate, caucho, mango, limón, mandarina, naranja, tangelo, marañón y otros cultivos permanentes. Esta información fue obtenida a partir de estadísticas oficiales provenientes de AGRONET, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, la Federación Nacional de Cafeteros (FNC), FEDEPALMA, FEDECACAO, la Confederación Cauchera Colombiana y demás fuentes oficiales empleadas en el Inventario Nacional de GEI, garantizando la representatividad nacional de las superficies cultivadas durante toda la serie temporal (Ideam, 2024).

Para la subcategoría 4.B.2. Tierras convertidas a tierras de cultivo, los datos de actividad corresponden a las superficies de tierras forestales convertidas a cultivos, identificadas mediante los análisis multitemporales de

cambio de cobertura desarrollados por el Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC) del Ideam (Ideam, 2021). Las áreas de cambio fueron consolidadas para cada periodo de análisis y utilizadas como insumo para la estimación de las variaciones en las existencias de carbono de la biomasa, la materia orgánica muerta y el carbono orgánico del suelo.

Con el propósito de garantizar la coherencia de la serie temporal 1990–2024, los datos de actividad fueron sometidos a procesos de validación, armonización y control de calidad, verificando su consistencia espacial, temporal y metodológica con respecto a las bases de cálculo utilizadas en el Inventario Nacional de GEI y las categorías de reporte del (IPCC, 2006a).

La Tabla 6-21 presenta las principales fuentes de datos de actividad utilizadas para la estimación de las emisiones y absorciones de GEI en la categoría 4.B. Tierras de cultivo, indicando la información empleada para cada subcategoría, el periodo de cobertura y las entidades responsables de su generación.

Tabla 6-21. Tierras de cultivo: Fuentes de datos de actividad

Subcategoría	Dato de actividad	Periodo	Fuente de información	Comentarios
4.B.1.a. Cultivo de café	Área sembrada y cosechada (ha)	1990–2024	AGRONET – Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural FNC	Estadísticas oficiales de áreas cultivadas utilizadas para la estimación de cambios en existencias de carbono.
4.B.1.b. Palma de aceite	Área sembrada (ha)	1990–2024	FEDEPALMA – AGRONET	Información oficial consolidada para el inventario nacional.
4.B.1.c. Cacao	Área sembrada (ha)	1990–2024	FEDECACAO – AGRONET	Estadísticas nacionales de áreas cultivadas.
4.B.1.d. Aguacate	Área sembrada (ha)	1990–2024	AGRONET	Estadísticas oficiales del sector agropecuario.
4.B.1.e. Caucho	Área sembrada (ha)	1990–2024	Confederación Cauchera Colombiana – AGRONET	Información oficial utilizada en el inventario.
4.B.1.f. Mango	Área sembrada (ha)	1990–2024	AGRONET	Estadísticas oficiales nacionales.
4.B.1.g. Limón	Área sembrada (ha)	1990–2024	AGRONET	Información oficial consolidada.
4.B.1.h. Mandarina	Área sembrada (ha)	1990–2024	AGRONET	Estadísticas oficiales nacionales.
4.B.1.i. Naranja	Área sembrada (ha)	1990–2024	AGRONET	Estadísticas oficiales nacionales.
4.B.1.j. Tangelo	Área sembrada (ha)	1990–2024	AGRONET	Información oficial utilizada en el inventario.
4.B.1.k. Marañón	Área sembrada (ha)	1990–2024	AGRONET	Estadísticas oficiales nacionales.
4.B.1.l. Otros cultivos permanentes	Área sembrada (ha)	1990–2024	AGRONET	Información consolidada de cultivos permanentes no desagregados individualmente.
4.B.2.a. Tierras forestales convertidas a tierras de cultivo	Superficie de cambio de uso de la tierra (ha)	1990–2024	Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC) – Ideam	Áreas de conversión de bosque a cultivos utilizadas para estimar las variaciones en las existencias de carbono.

Fuente: Elaboración propia con base en AGRONET, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC) e Inventario Nacional de GEI de Colombia.

Posteriormente, los datos de actividad fueron integrados en las hojas de cálculo del Inventario Nacional de GEI, donde se aplicaron los procedimientos de estimación definidos por las Directrices del IPCC de 2006 para cuantificar los cambios en las existencias de carbono de la biomasa, la materia orgánica muerta y los suelos.

La Tabla 6-22 presenta los datos de actividad empleados para la estimación de las emisiones y absorciones de GEI de la categoría 4.B. Tierras de cultivo durante el periodo 1990–2024. Los valores corresponden a las variables de entrada utilizadas directamente en las hojas de cálculo del Inventario Nacional de GEI para la estimación de los cambios en las existencias de carbono de la biomasa, la materia orgánica muerta y el carbono orgánico del suelo.

Tabla 6-22. Tierras de cultivo: Datos de actividad utilizados para la estimación de las emisiones y absorciones de GEI, 1990–2024

Año	4.B.1.a. Cultivo de café	4.B.1.b. Palma de aceite				
	Área sembrada cultivo café por departamento ha	Área de desarrollo cultivo de palma ha	Área de producción cultivo de palma ha	Área de renovaciones cultivo de palma ha	Área nuevas siembras cultivo de palma ha	Área total sembrada cultivo de palma ha
1990	951.000,0	45.398,0	65.982,4	118,4	7.984,5	89.671,0
1991	944.500,0	39.015,3	77.678,4	14,1	5.313,3	97.604,0
1992	938.000,0	27.087,5	93.855,0	237,0	4.248,8	108.510,0
1993	931.500,0	20.255,3	102.815,0	211,4	2.127,8	113.395,0
1994	925.000,0	15.089,8	110.766,2	151,7	2.785,6	125.321,0
1995	918.500,0	15.055,6	115.344,2	749,4	4.543,9	131.067,0
1996	912.000,0	16.919,0	118.539,9	1.290,1	5.059,1	133.688,0
1997	869.157,9	21.659,0	112.989,0	0,0	5.730,0	145.134,0
1998	864.000,0	29.066,0	115.523,0	657,0	9.793,0	147.493,0
1999	835.000,0	27.570,0	123.281,0	215,0	6.749,0	148.643,5
2000	863.561,0	31.919,0	126.100,0	917,0	7.867,0	147.439,0
2001	865.602,0	44.902,0	130.553,0	469,0	18.236,0	154.331,0
2002	865.141,7	54.713,0	139.718,0	436,0	19.823,0	155.208,0
2003	870.829,6	66.485,0	144.780,0	1.071,0	17.665,0	167.361,0
2004	886.645,5	76.999,0	152.200,0	421,0	18.879,0	180.227,0
2005	883.331,1	90.307,0	169.444,0	691,0	31.322,0	192.970,0
2006	873.500,0	103.015,0	188.816,0	1.117,0	31.852,0	208.875,0
2007	877.547,0	104.198,0	203.284,0	1.767,0	18.152,0	221.601,2
2008	878.767,0	112.182,0	213.145,0	632,0	30.830,0	246.585,9
2009	887.661,2	123.893,0	228.111,0	722,0	38.822,0	258.956,6
2010	914.412,8	123.845,0	255.766,0	303,0	32.618,0	284.290,4
2011	921.068,5	132.464,0	273.192,0	1.088,0	27.449,0	334.466,1
2012	931.058,6	124.414,0	302.381,0	1.700,0	21.712,0	344.692,7
2013	974.011,3	118.726,0	337.693,0	1.639,0	32.218,0	380.073,5
2014	948.533,1	117.653,0	352.566,0	3.492,0	28.356,0	431.063,8
2015	940.919,5	111.086,0	376.662,0	4.441,0	17.528,0	479.726,9
2016	931.746,3	107.418,0	398.548,0	1.526,0	18.218,0	499.025,9
2017	903.951,4	98.549,0	424.909,0	7.021,0	17.967,0	528.351,1
2018	877.143,8	96.573,0	451.183,0	3.664,0	26.208,0	549.355,2

Año	4.B.1.a. Cultivo de café	4.B.1.b. Palma de aceite				
	Área sembrada cultivo café por departamento ha	Área de desarrollo cultivo de palma ha	Área de producción cultivo de palma ha	Área de renovaciones cultivo de palma ha	Área nuevas siembras cultivo de palma ha	Área total sembrada cultivo de palma ha
2019	853.698,1	102.070,0	466.316,0	1.628,0	25.839,0	568.856,0
2020	844.743,8	112.144,0	478.044,0	3.899,0	23.918,0	586.322,0
2021	840.111,8	75.831,0	482.648,0	3.669,0	17.564,0	595.442,0
2022	842.399,1	68.355,0	487.076,0	6.159,0	15.001,0	665.091,4
2023	839.544,4	68.355,0	487.076,0	6.159,0	15.001,0	671.383,4
2024	838.833,4	68.355,0	487.076,0	6.159,0	15.001,0	689.942,1

Año	4.B.1.c. Cacao	4.B.1.d. Aguacate	4.B.1.e. Caucho	4.B.1.f. Mango	4.B.1.g. Limón
	Área sembrada cultivo de cacao por departamento ha	Área sembrada cultivo de aguacate por departamento ha	Área sembrada de caucho por departamento ha	Área sembrada cultivo de mango por departamento ha	Área sembrada de limón por departamento ha
1990	85.000,0	8.965,2	2.598,3	8.470,9	236,2
1991	85.000,0	8.965,2	2.598,3	8.470,9	236,2
1992	85.000,0	8.965,2	2.598,3	8.470,9	236,2
1993	85.000,0	11.582,7	2.598,3	9.501,6	1.214,2
1994	85.000,0	11.542,0	2.598,3	9.344,5	1.994,4
1995	85.000,0	14.032,3	2.598,3	9.497,0	2.648,8
1996	85.000,0	15.117,2	2.598,3	11.228,2	2.914,5
1997	85.000,0	14.975,0	2.598,3	11.895,6	2.942,2
1998	85.000,0	15.640,1	2.598,3	12.183,4	3.185,2
1999	85.000,0	15.516,4	2.598,3	12.551,7	3.903,2
2000	85.000,0	16.107,4	2.598,3	13.824,9	4.007,5
2001	85.700,0	16.861,3	2.598,3	14.709,0	5.529,9
2002	87.110,0	19.051,7	2.598,3	18.604,4	5.862,4
2003	90.240,0	21.391,0	2.598,3	18.636,0	6.069,8
2004	93.640,0	21.941,9	2.598,3	19.266,9	6.177,1
2005	96.090,0	22.659,8	2.598,3	19.847,5	6.824,3
2006	109.430,0	23.488,7	2.598,3	19.782,6	6.969,6
2007	106.050,1	17.657,1	2.598,3	17.826,8	7.185,8
2008	107.683,3	17.825,7	2.919,0	17.982,3	5.355,8
2009	109.357,0	19.253,4	4.038,9	19.607,1	5.525,8
2010	126.714,1	21.584,8	5.117,8	18.679,5	6.247,3
2011	133.097,9	24.512,9	7.488,3	18.573,6	6.137,7
2012	151.156,6	27.705,5	6.618,9	22.543,5	7.289,4
2013	150.091,8	32.089,1	8.931,6	23.431,9	6.777,7
2014	154.513,1	34.513,4	12.926,8	24.289,7	7.542,5

Año	4.B.1.c. Cacao	4.B.1.d. Aguacate	4.B.1.e. Caucho	4.B.1.f. Mango	4.B.1.g. Limón
	Área sembrada cultivo de cacao por departamento ha	Área sembrada cultivo de aguacate por departamento ha	Área sembrada de caucho por departamento ha	Área sembrada cultivo de mango por departamento ha	Área sembrada de limón por departamento ha
2015	166.635,4	38.359,3	15.572,8	25.015,5	9.095,2
2016	169.956,0	40.981,1	18.432,4	26.703,2	8.153,0
2017	181.392,0	52.012,8	20.374,3	27.558,8	10.744,9
2018	190.694,9	55.777,2	21.747,3	29.276,4	11.540,6
2019	200.250,5	67.579,9	23.130,3	29.530,7	16.057,5
2020	212.272,2	79.396,7	24.523,3	33.985,4	19.462,7
2021	224.464,5	94.437,9	25.916,3	36.705,1	37.230,8
2022	229.974,0	110.182,9	27.309,3	37.623,7	41.346,0
2023	256.319,7	131.293,3	27.309,3	39.872,4	51.747,2
2024	260.953,7	139.329,1	27.309,3	41.410,1	52.970,1

Año	4.B.1.h. Mandarina	4.B.1.i. Naranja	4.B.1.j. Tangelo	4.B.1.k. Marañón
	Área sembrada de mandarina por departamento ha	Área sembrada de naranja ha	Área sembrada de tangelo ha	Área sembrada de marañón ha
1990	7,2	3.333,0	0,0	0,0
1991	7,2	3.333,0	0,0	0,0
1992	7,2	3.333,0	0,0	0,0
1993	7,2	3.512,7	0,0	0,0
1994	162,3	3.488,8	0,0	0,0
1995	169,4	3.606,8	0,0	0,0
1996	2.441,6	4.589,0	0,0	0,0
1997	252,5	4.340,6	0,0	0,0
1998	468,3	4.765,2	0,0	0,0
1999	668,5	4.810,7	0,0	0,0
2000	3.477,2	6.691,4	0,0	0,0
2001	2.910,1	5.516,5	0,0	0,0
2002	1.079,1	7.469,5	0,0	0,0
2003	1.077,5	8.636,2	0,0	0,0
2004	1.002,5	8.745,5	0,0	0,0
2005	1.117,3	9.058,0	0,0	0,0
2006	1.147,7	10.153,4	0,0	0,0
2007	3.190,2	12.989,6	80,4	280,0
2008	2.723,1	13.699,0	97,6	420,0
2009	7.672,3	13.804,1	109,6	431,0
2010	8.089,6	14.657,9	153,4	417,0
2011	8.336,9	13.932,3	88,7	724,0

Año	4.B.1.h. Mandarina	4.B.1.i. Naranja	4.B.1.j. Tangelo	4.B.1.k. Marañón
	Área sembrada de mandarina por departamento ha	Área sembrada de naranja ha	Área sembrada de tangelo ha	Área sembrada de marañón ha
2012	8.670,0	14.335,8	240,2	1.391,0
2013	9.095,9	17.014,3	264,4	940,5
2014	8.606,1	17.533,9	277,4	1.579,5
2015	11.063,1	20.450,5	287,4	1.539,5
2016	10.044,3	19.620,7	295,9	1.745,0
2017	10.909,7	20.427,0	361,9	2.043,0
2018	11.559,2	21.319,8	363,0	1.479,0
2019	11.787,7	19.896,1	282,2	1.569,0
2020	13.288,6	23.412,4	286,4	1.606,0
2021	19.034,1	47.347,5	457,6	6.640,8
2022	19.555,1	47.353,9	473,9	8.588,8
2023	20.505,3	48.959,9	616,1	10.615,1
2024	20.634,8	44.857,9	598,4	11.778,1

Año	4.B.1.l. Otro		4.B.2.a. Tierras forestales convertidas a tierras de cultivo					
	Área de suelos minerales en tierras de cultivo ha	Área de suelos organicos en tierras de cultivo ha	Área de bosque natural (borde) ha	Área de bosque natural (núcleo) ha	Fracción de área de bosque borde convertida a cultivos Porcentaje (decimal)	Fracción de área de bosque borde convertida a plantación de palma Porcentaje (decimal)	Fracción de área de bosque núcleo convertida a cultivos Porcentaje (decimal)	Fracción de área de bosque núcleo convertida a plantación de palma Porcentaje (decimal)
1990	106.522,9	26.149,4	202.574,8	62.866,2	0,58	0,00	0,58	0,00
1991	111.905,0	26.149,4	202.574,8	62.866,2	0,58	0,00	0,58	0,00
1992	113.915,4	26.149,4	202.574,8	62.866,2	0,58	0,00	0,58	0,00
1993	120.001,3	26.149,4	202.574,8	62.866,2	0,58	0,00	0,58	0,00
1994	125.424,9	26.149,4	202.574,8	62.866,2	0,58	0,00	0,58	0,00
1995	129.499,9	26.149,4	202.574,8	62.866,2	0,58	0,00	0,58	0,00
1996	134.453,2	26.149,4	202.574,8	62.866,2	0,58	0,00	0,58	0,00
1997	140.826,0	26.149,4	202.574,8	62.866,2	0,58	0,00	0,58	0,00
1998	146.169,7	26.149,4	202.574,8	62.866,2	0,58	0,00	0,58	0,00
1999	150.841,2	26.149,4	202.574,8	62.866,2	0,58	0,00	0,58	0,00

Año	4.B.1.l. Otro		4.B.2.a. Tierras forestales convertidas a tierras de cultivo					
	Área de suelos minerales en tierras de cultivo ha	Área de suelos organicos en tierras de cultivo ha	Área de bosque natural (borde) ha	Área de bosque natural (núcleo) ha	Fracción de área de bosque borde convertida a cultivos Porcentaje (decimal)	Fracción de área de bosque borde convertida a plantación de palma Porcentaje (decimal)	Fracción de área de bosque núcleo convertida a cultivos Porcentaje (decimal)	Fracción de área de bosque núcleo convertida a plantación de palma Porcentaje (decimal)
2000	159.347,8	26.149,4	150.368,5	49.911,6	0,32	0,02	0,32	0,02
2001	167.045,9	26.149,4	98.162,2	36.957,1	0,05	0,03	0,05	0,03
2002	171.012,4	26.149,4	98.162,2	36.957,1	0,05	0,03	0,05	0,03
2003	178.435,7	26.149,4	132.263,8	46.837,8	0,04	0,07	0,04	0,07
2004	183.297,4	26.149,4	132.263,8	46.837,8	0,04	0,07	0,04	0,07
2005	193.122,3	26.149,4	100.816,5	37.757,1	0,01	0,08	0,01	0,08
2006	196.271,0	26.149,4	100.816,5	37.757,1	0,01	0,08	0,01	0,08
2007	206.768,0	26.149,4	102.886,0	37.235,0	0,04	0,07	0,04	0,07
2008	206.890,5	26.149,4	102.886,0	37.235,0	0,04	0,07	0,04	0,07
2009	220.610,1	26.149,4	87.724,6	32.791,9	0,02	0,13	0,02	0,13
2010	224.760,4	26.149,4	87.724,6	32.791,9	0,02	0,13	0,02	0,13
2011	231.010,2	26.149,4	99.578,1	40.194,2	0,06	0,11	0,06	0,11
2012	239.778,0	26.149,4	99.578,1	40.194,2	0,06	0,11	0,06	0,11
2013	237.603,7	26.149,4	93.471,9	22.655,0	0,12	0,05	0,12	0,05
2014	243.821,2	26.149,4	108.701,1	28.610,8	0,10	0,03	0,10	0,03
2015	243.480,5	26.149,4	97.283,3	26.551,2	0,14	0,01	0,14	0,01
2016	258.067,5	26.149,4	132.867,7	44.870,1	0,10	0,01	0,10	0,01
2017	257.319,8	26.149,4	151.986,8	67.501,0	0,11	0,02	0,11	0,02
2018	253.533,8	26.149,4	131.759,4	65.345,7	0,07	0,02	0,07	0,02
2019	277.450,0	26.149,4	108.429,0	50.411,0	0,11	0,02	0,11	0,02
2020	286.478,5	26.149,4	113.510,9	58.141,1	0,11	0,02	0,11	0,02
2021	284.259,9	26.149,4	114.861,1	59.206,9	0,11	0,02	0,11	0,02
2022	284.259,9	26.149,4	86.432,6	37.019,8	0,11	0,02	0,11	0,02

Año	4.B.1.l. Otro		4.B.2.a. Tierras forestales convertidas a tierras de cultivo					
	Área de suelos minerales en tierras de cultivo ha	Área de suelos organicos en tierras de cultivo ha	Área de bosque natural (borde) ha	Área de bosque natural (núcleo) ha	Fracción de área de bosque borde convertida a cultivos Porcentaje (decimal)	Fracción de área de bosque borde convertida a plantación de palma Porcentaje (decimal)	Fracción de área de bosque núcleo convertida a cultivos Porcentaje (decimal)	Fracción de área de bosque núcleo convertida a plantación de palma Porcentaje (decimal)
2023	284.259,9	26.149,4	54.781,6	24.474,7	0,11	0,02	0,11	0,02
2024	284.259,9	26.149,4	76.110,7	37.497,2	0,11	0,02	0,11	0,02

Nota: Los valores corresponden a los datos de actividad utilizados como variables de entrada para la estimación de las emisiones y absorciones de GEI de la categoría 4.B. Tierras de cultivo durante el periodo 1990–2024. Los datos incluyen las superficies de cultivos permanentes y las áreas de tierras forestales convertidas a tierras de cultivo empleadas en las bases de cálculo del Inventario Nacional de GEI.

Fuente: Elaboración propia con base en AGRONET, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural; Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC), Ideam; e Inventario Nacional de GEI de Colombia.

6.3.2.2 Factores de emisión aplicados en la categoría

Los factores de emisión y absorción empleados para la estimación de las emisiones y absorciones de GEI en la categoría 4.B. Tierras de cultivo fueron seleccionados de conformidad con las Directrices del IPCC de 2006, empleando factores específicos para Colombia cuando se dispuso de información nacional y factores por defecto del IPCC en aquellos casos en que no existían valores nacionales. La selección de los factores respondió al nivel metodológico (Tier) aplicado en cada subcategoría, al reservorio de carbono evaluado y a la disponibilidad de información nacional (Ideam, 2024; IPCC, 2006a).

Cuando no se dispone de factores específicos para el país, se emplean los factores por defecto recomendados en las Directrices del IPCC de 2006 (IPCC, 2006b), garantizando la consistencia metodológica entre las diferentes subcategorías de tierras de cultivo.

Los factores utilizados representan los cambios en las existencias de carbono de la biomasa viva, la materia orgánica muerta y el carbono orgánico del suelo para los diferentes cultivos permanentes y para las tierras forestales convertidas a tierras de cultivo, considerando las características biofísicas de las diferentes regiones del país.

La Tabla 6-23 presenta los factores de emisión y absorción utilizados para la estimación de las emisiones y absorciones de GEI en la categoría 4.B. Tierras de cultivo, indicando el tipo de factor, las unidades empleadas y la fuente de información correspondiente.

Tabla 6-23. Tierras de cultivo: Factores de emisión y absorción utilizados para la estimación de GEI

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad
4.B.1.a. Cultivo de café	Andrade (2015), Federación Nacional de Cafeteros de Colombia	Tier 2	Biomasa (cultivo a libre exposición - sol)	CO_2	0,63	t C/ha.año
4.B.1.a. Cultivo de café	Andrade (2015), Federación Nacional de Cafeteros de Colombia	Tier 2	Biomasa (cultivo bajo sombra - semisombra)	CO_2	1,57	t C/ha.año
4.B.1.a. Cultivo de café	Andrade (2015), Federación Nacional de Cafeteros de Colombia	Tier 2	Edad de recambio	CO_2	12	Años

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad
4.B.1.a. Cultivo de café	Andrade (2015)	Tier 2	Fracción por tipo de exposición solar	CO_2	**Ver Anexo 6.3 en Capítulo 10**	Fracción
4.B.1.a. Cultivo de café	IPCC (2006), V. 4, Ch.4.	Tier 1	Materia orgánica muerta (MOM)	CO_2	N/A	N/A
4.B.1.a. Cultivo de café	No estimado (NE)	NE	Suelos	CO_2	NE	NE
4.B.1.b. Palma de aceite	Henson et al. (2012); Fedepalma – SISPA	Tier 2	Tasa de secuestro de carbono – Zona Oriental	CO_2	0.80065	t C/ha.año
4.B.1.b. Palma de aceite	Henson et al. (2012); Fedepalma – SISPA	Tier 2	Tasa de secuestro de carbono – Zona Norte	CO_2	0.82405	t C/ha.año
4.B.1.b. Palma de aceite	Henson et al. (2012); Fedepalma – SISPA	Tier 2	Tasa de secuestro de carbono – Zona Centro	CO_2	0.90467	t C/ha.año
4.B.1.b. Palma de aceite	Henson et al. (2012); Fedepalma – SISPA	Tier 2	Tasa de secuestro de carbono – Zona Sur-Occidente	CO_2	0.86962	t C/ha.año
4.B.1.b. Palma de aceite	Henson et al. (2012); Fedepalma – SISPA	Tier 2	Contenido de carbono – Zona Oriental	CO_2	1.960.667	t C/ha
4.B.1.b. Palma de aceite	Henson et al. (2012); Fedepalma – SISPA	Tier 2	Contenido de carbono – Zona Norte	CO_2	2.020.000	t C/ha
4.B.1.b. Palma de aceite	Henson et al. (2012); Fedepalma – SISPA	Tier 2	Contenido de carbono – Zona Centro	CO_2	2.225.333	t C/ha
4.B.1.b. Palma de aceite	Henson et al. (2012); Fedepalma – SISPA	Tier 2	Contenido de carbono – Zona Sur-Occidente	CO_2	2.131.167	t C/ha
4.B.1.b. Palma de aceite	IPCC (2006); MADR–CIAT	Tier 2	Fracción de carbono en biomasa seca	CO_2	0.47	Adimensional
4.B.1.b. Palma de aceite	IPCC (2006), V.4, Ch.4.	Tier 1	Factor de conversión C–CO_2	CO_2	366.667	g CO_2.g/C
4.B.1.b. Palma de aceite	Sistema Internacional de Unidades	Tier 1	Factor de conversión t–kt	CO_2	0.001	Kt/t
4.B.1.b. Palma de aceite	IPCC (2006), V. 4, Ch.4.	Tier 1	Factor de resta de absorciones	CO_2	-1	Adimensional
4.B.1.c. Cacao	Proyecto Biocarbono – Agrosavia (2024)	Tier 2	MOM – Stocks de C en madera muerta	CO_2	3,3	t C/ha
4.B.1.c. Cacao	Proyecto Biocarbono – Agrosavia (2024)	Tier 2	MOM – Hojarasca	CO_2	3,09	t C/ha
4.B.1.c. Cacao	Proyecto Biocarbono – Agrosavia (2024)	Tier 2	MOM – Necromasa	CO_2	6,55	t C/ha

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad
4.B.1.c. Cacao	Proyecto Biocarbono – Agrosavia (2024)	Tier 2	MOM – Edad de cultivo	CO_2	20	Años
4.B.1.c. Cacao	Proyecto Biocarbono – Agrosavia (2024)	Tier 2	Suelos – Carbono orgánico del suelo (SOC)	CO_2	48,55	t C/ha
4.B.1.d. Aguacate	MADR–CIAT (2024)	Tier 2	Biomasa total sin fruto	CO_2	1,0733	t C/ha.año
4.B.1.d. Aguacate	MADR–CIAT (2024)	Tier 2	Biomasa aérea sin fruto	CO_2	5,5547	t C/ha.año
4.B.1.d. Aguacate	IPCC (2006); MADR–CIAT	Tier 2	Fracción de C en biomasa seca	CO_2	0,47	Adimensional
4.B.1.d. Aguacate	IPCC (2006)	Tier 1	Factor de conversión C–CO_2	CO_2	3,6667	g CO_2.g/C
4.B.1.d. Aguacate	Sistema Internacional de Unidades	Tier 1	Factor de conversión t–kt	CO_2	0,001	Kt/t
4.B.1.d. Aguacate	IPCC (2006), V. 4, Ch.4.	Tier 1	Factor de resta de absorciones	CO_2	-1	Adimensional
4.B.1.d. Aguacate	MADR–CIAT (2024)	Tier 2	Edad de cultivo	CO_2	6,5	Años
4.B.1.d. Aguacate	MADR–CIAT (2024)	Tier 2	Año de inicio del cálculo del inventario	CO_2	1990	Adimensional
4.B.1.d. Aguacate	MADR–CIAT (2024)	Tier 2	Número de años de ajuste	CO_2	2	Adimensional
4.B.1.e. Caucho	MADR–CIAT (2024)	Tier 2	Biomasa total sin fruto	CO_2	5,78	t C/ha.año
4.B.1.e. Caucho	MADR–CIAT (2024)	Tier 2	Biomasa aérea sin fruto	CO_2	93,2419	t C/ha.año
4.B.1.e. Caucho	IPCC (2006); MADR–CIAT	Tier 2	Fracción de C en biomasa seca	CO_2	0,47	Adimensional
4.B.1.e. Caucho	IPCC (2006) V. 4, Ch.4.	Tier 1	Factor de conversión C–CO_2	CO_2	3,6667	g CO_2.g/C
4.B.1.e. Caucho	Sistema Internacional de Unidades	Tier 1	Factor de conversión t–kt	CO_2	0,001	Kt/t
4.B.1.e. Caucho	IPCC (2006) V. 4, Ch.4.	Tier 1	Factor de resta de absorciones	CO_2	-1	Adimensional
4.B.1.e. Caucho	MADR–CIAT (2024)	Tier 2	Edad de cultivo	CO_2	20	Años
4.B.1.e. Caucho	MADR–CIAT (2024)	Tier 2	Año de inicio del cálculo del inventario	CO_2	1990	Adimensional
4.B.1.e. Caucho	MADR–CIAT (2024)	Tier 2	Número de años de ajuste	CO_2	2	Adimensional
4.B.1.f. Mango	MADR–CIAT (2024). Factores de emisión para cultivos agrícolas en Colombia	Tier 2	Biomasa total sin fruto	CO_2	1,355	t C/ha.año
4.B.1.f. Mango	MADR–CIAT (2024). Factores de emisión para cultivos agrícolas en Colombia	Tier 2	Biomasa aérea sin fruto	CO_2	24,4948	t C/ha.año

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad
4.B.1.f. Mango	IPCC (2006); MADR–CIAT	Tier 2	Fracción de carbono en biomasa seca	CO_2	0,47	Adimensional
4.B.1.f. Mango	IPCC (2006) V. 4, Ch.4.	Tier 1	Factor de conversión C–CO_2	CO_2	3,6667	g CO_2.g/C
4.B.1.f. Mango	Sistema Internacional de Unidades	Tier 1	Factor de conversión t–kt	CO_2	0,001	Kt/t
4.B.1.f. Mango	IPCC (2006) V. 4, Ch.4.	Tier 1	Factor de resta de absorciones	CO_2	-1	Adimensional
4.B.1.f. Mango	MADR–CIAT (2024). Factores de emisión para cultivos agrícolas en Colombia	Tier 2	Edad de cultivo	CO_2	18	Años
4.B.1.f. Mango	MADR–CIAT (2024). Factores de emisión para cultivos agrícolas en Colombia	Tier 2	Año de inicio del cálculo del inventario	CO_2	1990	Adimensional
4.B.1.f. Mango	MADR–CIAT (2024). Factores de emisión para cultivos agrícolas en Colombia	Tier 2	Número de años de ajuste	CO_2	2	Adimensional
4.B.1.g. Limón	MADR–CIAT (2024). Factores de emisión para cultivos agrícolas en Colombia	Tier 2	Biomasa total sin fruto	CO_2	2,2709	t C/ha.año
4.B.1.g. Limón	MADR–CIAT (2024). Factores de emisión para cultivos agrícolas en Colombia	Tier 2	Biomasa aérea sin fruto	CO_2	14,4001	t C/ha.año
4.B.1.g. Limón	IPCC (2006); MADR–CIAT	Tier 2	Fracción de carbono en biomasa seca	CO_2	0,47	Adimensional
4.B.1.g. Limón	IPCC (2006) V. 4, Ch.4.	Tier 1	Factor de conversión C–CO_2	CO_2	3,6667	g CO_2.g/C
4.B.1.g. Limón	Sistema Internacional de Unidades	Tier 1	Factor de conversión t–kt	CO_2	0,001	Kt/t
4.B.1.g. Limón	IPCC (2006) V. 4, Ch.4.	Tier 1	Factor de resta de absorciones	CO_2	-1	Adimensional
4.B.1.g. Limón	MADR–CIAT (2024). Factores de emisión para cultivos agrícolas en Colombia	Tier 2	Edad de cultivo	CO_2	8	Años
4.B.1.g. Limón	MADR–CIAT (2024). Factores de emisión para cultivos agrícolas en Colombia	Tier 2	Año de inicio del cálculo del inventario	CO_2	1990	Adimensional
4.B.1.g. Limón	MADR–CIAT (2024). Factores de emisión para	Tier 2	Número de años de ajuste	CO_2	2	Adimensional

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad
	cultivos agrícolas en Colombia					
4.B.1.h. Mandarina	MADR–CIAT (2024). Factores de emisión para cultivos agrícolas en Colombia	Tier 2	Biomasa total sin fruto	CO_2	2,1941	t C/ha.año
4.B.1.h. Mandarina	MADR–CIAT (2024). Factores de emisión para cultivos agrícolas en Colombia	Tier 2	Biomasa aérea sin fruto	CO_2	20,0786	t C/ha.año
4.B.1.h. Mandarina	IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories; MADR–CIAT	Tier 2	Fracción de carbono en biomasa seca	CO_2	0,47	Adimensional
4.B.1.h. Mandarina	IPCC (2006) V. 4, Ch.4.	Tier 1	Factor de conversión C–CO_2	CO_2	3,6667	g CO_2.g/C
4.B.1.h. Mandarina	Sistema Internacional de Unidades	Tier 1	Factor de conversión t–kt	CO_2	0,001	Kt/t
4.B.1.h. Mandarina	IPCC (2006) V. 4, Ch.4.	Tier 1	Factor de resta de absorciones	CO_2	-1	Adimensional
4.B.1.h. Mandarina	MADR–CIAT (2024). Factores de emisión para cultivos agrícolas en Colombia	Tier 2	Edad de cultivo	CO_2	10	Años
4.B.1.h. Mandarina	MADR–CIAT (2024). Factores de emisión para cultivos agrícolas en Colombia	Tier 2	Año de inicio del cálculo del inventario	CO_2	1990	Adimensional
4.B.1.h. Mandarina	MADR–CIAT (2024). Factores de emisión para cultivos agrícolas en Colombia	Tier 2	Número de años de ajuste	CO_2	2	Adimensional
4.B.1.i. Naranja	MADR–CIAT (2024). Factores de emisión para cultivos agrícolas en Colombia	Tier 2	Biomasa total sin fruto	CO_2	1,7919	t C/ha.año
4.B.1.i. Naranja	MADR–CIAT (2024). Factores de emisión para cultivos agrícolas en Colombia	Tier 2	Biomasa aérea sin fruto	CO_2	22,157	t C/ha.año
4.B.1.i. Naranja	IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories; MADR–CIAT	Tier 2	Fracción de carbono en biomasa seca	CO_2	0,47	Adimensional
4.B.1.i. Naranja	IPCC (2006) V. 4, Ch.4.	Tier 1	Factor de conversión C–CO_2	CO_2	3,6667	g CO_2.g/C

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad
4.B.1.i. Naranja	Sistema Internacional de Unidades	Tier 1	Factor de conversión t–kt	CO_2	0,001	Kt/t
4.B.1.i. Naranja	IPCC (2006) V. 4, Ch.4.	Tier 1	Factor de resta de absorciones	CO_2	-1	Adimensional
4.B.1.i. Naranja	MADR–CIAT (2024). Factores de emisión para cultivos agrícolas en Colombia	Tier 2	Edad de cultivo	CO_2	17	Años
4.B.1.i. Naranja	MADR–CIAT (2024). Factores de emisión para cultivos agrícolas en Colombia	Tier 2	Año de inicio del cálculo del inventario	CO_2	1990	Adimensional
4.B.1.i. Naranja	MADR–CIAT (2024). Factores de emisión para cultivos agrícolas en Colombia	Tier 2	Número de años de ajuste	CO_2	2	Adimensional
4.B.1.j. Tangelo	MADR–CIAT (2024). Factores de emisión para cultivos agrícolas en Colombia	Tier 2	Biomasa total sin fruto	CO_2	0,3532	t C/ha.año
4.B.1.j. Tangelo	MADR–CIAT (2024). Factores de emisión para cultivos agrícolas en Colombia	Tier 2	Biomasa aérea sin fruto	CO_2	4,1253	t C/ha.año
4.B.1.j. Tangelo	IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories; MADR–CIAT	Tier 1	Fracción de carbono en biomasa seca	CO_2	0,47	Adimensional
4.B.1.j. Tangelo	Sistema Internacional de Unidades	Tier 1	Factor de conversión C–CO_2	CO_2	3,6667	g CO_2.g/C
4.B.1.j. Tangelo	Sistema Internacional de Unidades (SI)	Tier 1	Factor de conversión t–kt	CO_2	0,001	Kt/t
4.B.1.j. Tangelo	IPCC (2006) V. 4, Ch.4.	Tier 1	Factor de resta de absorciones	CO_2	-1	Adimensional
4.B.1.j. Tangelo	MADR–CIAT (2024). Factores de emisión para cultivos agrícolas en Colombia	Tier 2	Edad de cultivo	CO_2	14	Años
4.B.1.j. Tangelo	MADR–CIAT (2024). Factores de emisión para cultivos agrícolas en Colombia	Tier 2	Año de inicio del cálculo del inventario	CO_2	1990	Adimensional
4.B.1.j. Tangelo	MADR–CIAT (2024). Factores de emisión para cultivos agrícolas en Colombia	Tier 2	Número de años de ajuste	CO_2	2	Adimensional
4.B.1.k. Marañón	Proyecto Biocarbono –	Tier 2	Biomasa total sin fruto	CO_2	1,298	t C/ha.año

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad
	Agrosavia. Estudios de biomasa en sistemas agroforestales y cultivos perennes en Colombia					
4.B.1.k. Marañón	Proyecto Biocarbono – Agrosavia. Estudios de biomasa en sistemas agroforestales y cultivos perennes en Colombia	Tier 2	Biomasa aérea sin fruto	CO_2	28,556	t C/ha.año
4.B.1.k. Marañón	Proyecto Biocarbono – Agrosavia. Estudios de carbono en suelos para sistemas agroforestales en Colombia	Tier 2	Carbono orgánico del suelo de referencia	CO_2	27,6	t C/ha
4.B.1.k. Marañón	Proyecto Biocarbono – Agrosavia. Estudios de carbono en suelos para sistemas agroforestales en Colombia	Tier 2	Carbono orgánico del suelo (20 años)	CO_2	39,02	t C/ha
4.B.1.k. Marañón	IPCC (2006) V. 4, Ch.4.	Tier 1	Fracción de carbono en biomasa seca	CO_2	0,47	Adimensional
4.B.1.k. Marañón	IPCC (2006) V. 4, Ch.4.	Tier 1	Factor de conversión C–CO_2	CO_2	3,6667	g CO_2.g/C
4.B.1.k. Marañón	Sistema Internacional de Unidades (SI)	Tier 1	Factor de conversión t–kt	CO_2	0,001	Kt/t
4.B.1.k. Marañón	IPCC (2006) V. 4, Ch.4.	Tier 1	Factor de resta de absorciones	CO_2	-1	Adimensional
4.B.1.k. Marañón	Proyecto Biocarbono – Agrosavia. Estudios de carbono en suelos para sistemas agroforestales en Colombia	Tier 2	Edad de cultivo	CO_2	22	Años
4.B.1.k. Marañón	Proyecto Biocarbono – Agrosavia. Estudios de carbono en suelos para sistemas agroforestales en Colombia	Tier 2	Año de inicio del cálculo del inventario	CO_2	1990	Adimensional
4.B.1.k. Marañón	Proyecto Biocarbono – Agrosavia. Estudios de	Tier 2	Número de años de ajuste	CO_2	2	Adimensional

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad
	carbono en suelos para sistemas agroforestales en Colombia					
4.B.1.l. Otro	Ideam (2024). Inventario Forestal Nacional (IFN); IPCC (2006), Vol. 4, Cap. 4; CVC–CIAT (2015)	Tier 1c	Cambio de carbono en biomasa por unidad de área	CO_2	-2,7174*	t C/ha
4.B.1.l. Otro	Suplemento IPCC, 2013 Tabla 2.1	Tier 1c	Cambio neto de carbono en suelos por unidad de área	CO_2	-3.8	t C/ha
4.B.1.l. Otro	Ideam (2024). Inventario Forestal Nacional (IFN); IPCC (2006), V.4, Ch.4; CVC–CIAT (2015)	Tier 1c	Incertidumbre inferior	CO_2	-14,2035	%
4.B.1.l. Otro	Ideam (2024). Inventario Forestal Nacional (IFN); IPCC (2006), V.4, Ch.4; CVC–CIAT (2015)	Tier 1c	Incertidumbre superior	CO_2	14,2035	%
4.B.2.a. Tierras forestales convertidas a tierras de cultivo	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque borde – Biomasa aérea (Andina)	CO_2	70,5139	t m.s/ha
4.B.2.a. Tierras forestales convertidas a tierras de cultivo	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque borde – Biomasa subterránea (Andina)	CO_2	17,1678	t m.s/ha
4.B.2.a. Tierras forestales convertidas a tierras de cultivo	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque núcleo – Biomasa aérea (Andina)	CO_2	143,9106	t m.s/ha
4.B.2.a. Tierras forestales convertidas a tierras de cultivo	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque núcleo – Biomasa subterránea (Andina)	CO_2	33,4313	t m.s/ha
4.B.2.a. Tierras forestales convertidas a tierras de cultivo	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque borde – Biomasa aérea (Amazonía)	CO_2	150,5067	t m.s/ha
4.B.2.a. Tierras forestales convertidas a tierras de cultivo	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque borde – Biomasa subterránea (Amazonía)	CO_2	34,7725	t m.s/ha

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad
4.B.2.a. Tierras forestales convertidas a tierras de cultivo	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque núcleo – Biomasa aérea (Amazonía)	CO_2	263,6792	t m.s/ha
4.B.2.a. Tierras forestales convertidas a tierras de cultivo	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque núcleo – Biomasa subterránea (Amazonía)	CO_2	58,6792	t m.s/ha
4.B.2.a. Tierras forestales convertidas a tierras de cultivo	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque borde – Biomasa aérea (Caribe)	CO_2	68,1558	t m.s/ha
4.B.2.a. Tierras forestales convertidas a tierras de cultivo	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque borde – Biomasa subterránea (Caribe)	CO_2	16,5853	t m.s/ha
4.B.2.a. Tierras forestales convertidas a tierras de cultivo	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque núcleo – Biomasa aérea (Caribe)	CO_2	189,531	t m.s/ha
4.B.2.a. Tierras forestales convertidas a tierras de cultivo	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque núcleo – Biomasa subterránea (Caribe)	CO_2	42,638	t m.s/ha
4.B.2.a. Tierras forestales convertidas a tierras de cultivo	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque borde – Biomasa aérea (Pacífica)	CO_2	209,6425	t m.s/ha
4.B.2.a. Tierras forestales convertidas a tierras de cultivo	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque borde – Biomasa subterránea (Pacífica)	CO_2	46,8875	t m.s/ha
4.B.2.a. Tierras forestales convertidas a tierras de cultivo	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque núcleo – Biomasa aérea (Pacífica)	CO_2	251,382	t m.s/ha
4.B.2.a. Tierras forestales convertidas a tierras de cultivo	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque núcleo – Biomasa subterránea (Pacífica)	CO_2	55,602	t m.s/ha
4.B.2.a. Tierras forestales convertidas	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión a partir del Inventario	Tier 2	Bosque borde – Biomasa aérea (Orinoquía)	CO_2	81,6675	t m.s/ha

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad
a tierras de cultivo	Forestal Nacional (IFN)					
4.B.2.a. Tierras forestales convertidas a tierras de cultivo	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque borde – Biomasa subterránea (Orinoquía)	CO_2	19,7124	t m.s/ha
4.B.2.a. Tierras forestales convertidas a tierras de cultivo	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque núcleo – Biomasa aérea (Orinoquía)	CO_2	128,6364	t m.s/ha

Nota: Los factores de emisión y absorción corresponden a los valores utilizados para estimar los cambios en las existencias de carbono de la biomasa viva, la materia orgánica muerta y el carbono orgánico del suelo en la categoría 4.B. Tierras de cultivo.

Fuente: Elaboración propia con base en el Inventario Forestal Nacional (IFN), Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC), Directrices del IPCC de 2006 e Inventario Nacional de GEI de Colombia.

Los factores de emisión y absorción presentados corresponden a los valores utilizados en las hojas de cálculo del Inventario Nacional de GEI para estimar los cambios en las existencias de carbono de la biomasa viva, la materia orgánica muerta y el carbono orgánico del suelo de la categoría 4.B. Tierras de cultivo. La aplicación de factores específicos nacionales permitió mejorar la representatividad de las estimaciones, mientras que los factores por defecto del IPCC fueron utilizados únicamente cuando no se dispuso de información nacional suficiente

6.3.3 Descripción de flexibilidad aplicada en la categoría

No se aplica a flexibilidad para esta subcategoría.

6.3.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría

Tabla 6-24. Resultados de incertidumbre (%) por propagación del error para 4.B. Tierras de cultivo

Subcategoría	Cont	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
4.B. Tierras de cultivo	Total Emisión	6,7	6,7	6,1	7,7	6,2	5,1	5,2	3,1	3,0	2,8	2,8
4.B. Tierras de cultivo	Total Absorción	3,6	3,6	3,0	2,9	2,3	2,4	2,5	2,2	2,2	2,1	2,1
4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	CO2	6,8	7,1	6,3	6,6	5,4	5,1	5,5	3,3	3,1	2,9	2,9
4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	CO2_abs	3,6	3,6	3,0	2,9	2,3	2,4	2,5	2,2	2,2	2,1	2,1
4.B.1.a. Cultivo de café	CO2	5,8	5,6	4,6	4,4	3,8	3,7	3,7	3,2	3,2	3,1	3,2
4.B.1.a. Cultivo de café abs	CO2_abs	4,7	4,6	3,8	3,9	3,4	3,6	3,8	3,3	3,3	3,3	3,3
4.B.1.b. Palma de aceite	CO2	11,2	11,8	8,1	7,6	6,5	6,1	6,1	4,6	4,5	4,4	4,4
4.B.1.b. Palma de aceite abs	CO2_abs	7,7	10,2	6,4	5,1	4,6	4,7	4,8	3,9	3,9	3,8	3,8
4.B.1.c. Cacao	CO2	NO	NO	NO	17,2	10,7	13,0	8,1	4,7	7,7	6,8	4,9
4.B.1.c. Cacao abs	CO2_abs	7,5	7,5	7,5	7,5	6,0	6,3	6,6	6,5	6,5	6,3	6,3
4.B.1.d. Aguacate	CO2	NO	19,4	18,2	12,5	8,7	7,1	7,6	5,1	5,6	4,8	5,5
4.B.1.d. Aguacate abs	CO2_abs	15,3	13,7	9,7	10,3	6,9	6,7	6,1	4,8	4,8	4,8	4,9

Subcategoría	Cont	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
4.B.1.e. Caucho	CO2	NO	NO	NO	NO	18,3	18,3	18,3	13,1	13,1	NO	NO
4.B.1.e. Caucho abs	CO2_abs	10,0	10,0	10,0	10,0	9,9	7,8	7,2	5,1	5,0	5,0	5,0
4.B.1.f. Mango	CO2	NO	26,3	15,2	20,8	10,7	7,0	12,4	4,7	5,5	5,8	7,4
4.B.1.f. Mango abs	CO2_abs	14,7	14,0	11,1	12,1	8,8	8,4	7,3	4,7	4,6	4,6	4,5
4.B.1.g. Limón	CO2	28,7	23,9	20,5	22,2	9,5	9,9	9,0	5,2	5,1	4,9	4,8
4.B.1.g. Limón abs	CO2_abs	NO	NO	22,1	17,8	13,6	9,8	10,0	9,7	7,5	8,0	9,4
4.B.1.h. Mandarina	CO2	NO	NO	NO	18,3	10,8	11,4	10,3	11,0	9,7	6,5	10,9
4.B.1.h. Mandarina abs	CO2_abs	34,8	29,5	24,5	14,0	14,6	15,5	13,9	7,9	7,8	7,6	7,6
4.B.1.i. Naranja	CO2	NO	19,2	NO	11,1	7,1	11,9	12,2	10,7	4,9	7,1	9,4
4.B.1.i. Naranja abs	CO2_abs	13,9	14,8	10,9	9,1	5,5	6,3	6,7	3,7	3,7	3,7	3,9
4.B.1.j. Tangelo	CO2	NO	NO	NO	NO	NO	NO	18,7	11,4	9,3	11,0	10,7
4.B.1.j. Tangelo abs	CO2_abs	NO	NO	NO	NO	17,0	11,5	12,3	6,7	6,5	6,5	6,5
4.B.1.k. Marañón	CO2	NO	NO	NO	NO	18,8	17,1	14,4	12,6	10,7	10,5	10,5
4.B.1.k. Marañón abs	CO2_abs	NO	NO	NO	NO	13,3	10,8	11,5	10,5	10,6	10,7	10,7
4.B.1.l. Otro	CO2	17,9	18,5	15,0	15,5	12,2	12,2	12,6	7,8	7,8	7,8	7,8
4.B.2. Tierras convertidas a tierras de cultivo	CO2	9,7	9,4	10,1	23,7	20,4	18,0	7,8	7,8	8,8	11,0	10,0
4.B.2.a. Tierras forestales covertidas a tierras de cultivo	CO2	9,7	9,4	10,1	23,7	20,4	18,0	7,8	7,8	8,8	11,0	10,0

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 6-24 se presentan por separado los resultados de incertidumbre asociados a las emisiones y absorciones de la categoría 4.B. Tierras de cultivo durante el periodo 1990-2024. Esta separación es necesaria porque ambos componentes responden a procesos y fuentes de información diferentes, por lo que sus incertidumbres no deben promediarse directamente.

Las emisiones presentan una incertidumbre promedio histórica de ±5,99 %. En 1990, la incertidumbre fue de ±6,75 %, mientras que en 2024 alcanzó ±2,78 %, lo que representa una reducción relativa del 58,84 %, equivalente a 3,97 puntos porcentuales.

Durante la primera parte de la serie, la incertidumbre presentó un comportamiento fluctuante y alcanzó su valor máximo en 2004, con ±7,77 %. A partir de 2010 se observa una tendencia general decreciente, particularmente marcada desde 2021. La incertidumbre pasó de ±3,14 % en 2021 a ±2,95 % en 2022, ±2,83 % en 2023 y ±2,78 % en 2024, año en el que se registró el valor mínimo de la serie.

Para 4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales, la incertidumbre de las emisiones de CO_2 disminuyó de ±6,84 % en 1990 a ±2,86 % en 2024, equivalente a una reducción del 58,14 %. En 2024, los cultivos con mayor incertidumbre fueron mandarina, con ±10,87 %; tangelo, con ±10,71 %; marañón, con ±10,52 %; naranja, con ±9,38 %; y mango, con ±7,44 %. Sin embargo, la influencia de cada cultivo sobre la incertidumbre agregada depende de su participación en las emisiones totales.

Por su parte, 4.B.2. Tierras convertidas a tierras de cultivo presentó una incertidumbre promedio histórica de ±14,63 %. Su comportamiento fue fluctuante: pasó de ±9,68 % en 1990 a un máximo de ±23,70 % en 2006 y posteriormente disminuyó hasta ±7,79 % en 2021. En los años siguientes aumentó hasta alcanzar ±9,98 % en 2024, valor ligeramente superior al registrado al inicio de la serie.

Las absorciones de las tierras de cultivo presentan una incertidumbre promedio histórica de ±2,85 %. La incertidumbre disminuyó de ±3,58 % en 1990 a ±2,11 % en 2024, lo que representa una reducción relativa del

40,95 %, equivalente a 1,47 puntos porcentuales. El valor máximo se registró en 1992, con ±3,58 %, y el mínimo en 2024.

En 2024, las mayores incertidumbres individuales de las absorciones de CO_2 correspondieron a marañón, con ±10,69 %; limón, con ±9,37 %; mandarina, con ±7,62 %; tangelo, con ±6,49 %; y cacao, con ±6,27 %. A pesar de estos valores, la incertidumbre agregada de las absorciones fue de ±2,11 %, debido a la ponderación de cada cultivo según su contribución a las absorciones totales de la categoría.

6.3.5 AC/CC de la categoría

6.3.6 Nuevos cálculos de la categoría

La siguiente figura presenta las variaciones entre BTR1 y BTR2 para 4.B:

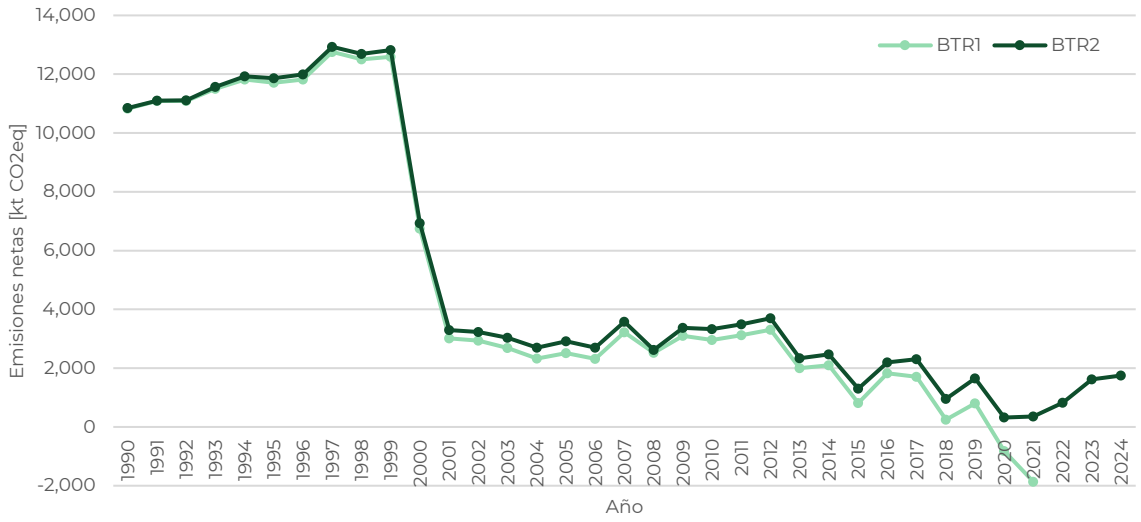


Figura 6-11. Tierras de cultivo: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2) en emisiones netas, 1990-2024.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6-25. Tierras de cultivo: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2) en emisiones totales y netas, 1990-2024.

Subcategoría	Reporte	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021
4.B.1.a. Cultivo de café	BTR1	715,0	543,7	207,1	123,3	-125,5	-187,7	-464,3	-618,8
4.B.1.a. Cultivo de café	BTR2	715,0	543,7	207,1	123,3	-125,5	-187,7	-464,3	-618,8
4.B.1.a. Cultivo de café	Diferencia	-0,0	-0,0	0,0	-0,0	-0,0	-0,0	-0,0	-
4.B.1.a. Cultivo de café	Diferencia (%)	-0,0	-0,0	0,0	-0,0	0,0	0,0	0,0	-
4.B.1.a. Cultivo de café	Efecto en total de subcategoría 4.B.1 (%)	-0,0	-0,0	0,0	-0,0	-0,0	-0,0	-0,0	-
4.B.1.a. Cultivo de café	Efecto en total neto de subcategoría 4.B.1 (%)	-0,0	-0,0	0,0	-0,0	-0,0	0,0	0,0	-
4.B.1.b. Palma de aceite	BTR1	-358,8	-358,0	-444,1	-846,5	-1.255,6	-1.211,7	-1.598,9	-1.504,5
4.B.1.b. Palma de aceite	BTR2	-358,0	-357,3	-441,5	-849,2	-1.242,4	-1.213,1	-1.587,0	-1.488,7
4.B.1.b. Palma de aceite	Diferencia	0,8	0,7	2,6	-2,6	13,1	-1,3	11,9	15,8
4.B.1.b. Palma de aceite	Diferencia (%)	-0,2	-0,2	-0,6	0,3	-1,0	0,1	-0,7	-1,0
4.B.1.b. Palma de aceite	Efecto en total de subcategoría 4.B.1 (%)	0,0	0,0	0,0	-0,0	0,2	-0,0	0,2	0,2
4.B.1.b. Palma de aceite	Efecto en total neto de subcategoría 4.B.1 (%)	0,1	0,1	0,4	-0,7	1,5	0,3	-0,8	-0,6
4.B.1.c. Cacao	BTR1	-1.169,5	-1.169,5	-1.169,5	-1.291,6	-776,1	-1.282,8	-1.792,8	-1.981,9
4.B.1.c. Cacao	BTR2	-1.169,5	-1.169,5	-1.169,5	-1.291,6	-776,1	-1.282,8	-1.792,8	-1.981,9
4.B.1.c. Cacao	Diferencia	-	-	-	-0,0	-	0,0	0,0	-0,0
4.B.1.c. Cacao	Diferencia (%)	-	-	-	0,0	-	-0,0	-0,0	0,0
4.B.1.c. Cacao	Efecto en total de subcategoría 4.B.1 (%)	-	-	-	-0,0	-	0,0	0,0	-0,0
4.B.1.c. Cacao	Efecto en total neto de subcategoría 4.B.1 (%)	-	-	-	-0,0	-	-0,0	-0,0	0,0
4.B.1.d. Aguacate	BTR1	-35,3	-42,2	7,4	-47,2	-28,2	-79,7	-205,2	-299,0
4.B.1.d. Aguacate	BTR2	-35,3	-42,2	7,4	-47,2	-28,2	-79,7	-205,2	-299,0
4.B.1.d. Aguacate	Diferencia	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Subcategoría	Reporte	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021
4.B.1.d. Aguacate	Diferencia (%)	-0,0	-0,0	0,0	-0,0	-0,0	-0,0	-0,0	-0,0
4.B.1.d. Aguacate	Efecto en total de subcategoría 4.B.1 (%)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4.B.1.d. Aguacate	Efecto en total neto de subcategoría 4.B.1 (%)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,0	-0,0	-0,0
4.B.1.e. Caucho	BTR1	-55,1	-55,1	-55,1	-55,1	-91,4	-295,9	-518,7	-548,2
4.B.1.e. Caucho	BTR2	-55,1	-55,1	-55,1	-55,1	-91,4	-295,9	-518,7	-548,2
4.B.1.e. Caucho	Diferencia	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,0	-	-	-
4.B.1.e. Caucho	Diferencia (%)	-0,0	-0,0	-0,0	-0,0	0,0	-	-	-
4.B.1.e. Caucho	Efecto en total de subcategoría 4.B.1 (%)	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,0	-	-	-
4.B.1.e. Caucho	Efecto en total neto de subcategoría 4.B.1 (%)	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,0	-	-	-
4.B.1.f. Mango	BTR1	-42,1	-31,4	-44,5	-50,0	296,7	-45,5	-57,3	-106,8
4.B.1.f. Mango	BTR2	-42,1	-31,4	-44,5	-50,0	296,7	-45,5	-57,3	-106,8
4.B.1.f. Mango	Diferencia	-	0,0	-	0,0	0,0	-0,0	-0,0	-0,0
4.B.1.f. Mango	Diferencia (%)	-	-0,0	-	-0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4.B.1.f. Mango	Efecto en total de subcategoría 4.B.1 (%)	-	0,0	-	0,0	0,0	-0,0	-0,0	-0,0
4.B.1.f. Mango	Efecto en total neto de subcategoría 4.B.1 (%)	-	0,0	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4.B.1.g. Limón	BTR1	-2,0	-22,1	21,3	-40,9	-32,5	-24,9	-110,5	-257,3
4.B.1.g. Limón	BTR2	12,5	139,9	203,0	357,8	326,8	472,2	1.019,5	1.957,5
4.B.1.g. Limón	Diferencia	14,4	161,9	181,7	398,7	359,2	497,1	1.130,0	2.214,8
4.B.1.g. Limón	Diferencia (%)	-734,8	-734,2	854,4	-975,5	-1.107,0	-1.996,1	-1.022,7	-860,8
4.B.1.g. Limón	Efecto en total de subcategoría 4.B.1 (%)	0,3	3,0	3,3	6,6	5,3	7,2	15,8	33,2
4.B.1.g. Limón	Efecto en total neto de subcategoría 4.B.1 (%)	2,0	23,5	29,4	102,9	41,4	-116,1	-78,2	-88,7
4.B.1.h. Mandarina	BTR1	-0,1	-1,4	-28,0	159,6	-43,9	-83,0	-58,7	-108,1

Subcategoría	Reporte	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021
4.B.1.h. Mandarina	BTR2	-0,1	-1,4	-28,0	159,6	-43,9	-83,0	-58,7	-108,1
4.B.1.h. Mandarina	Diferencia	-	-	-	0,0	-	-	0,0	0,0
4.B.1.h. Mandarina	Diferencia (%)	-	-	-	0,0	-	-	-0,0	-0,0
4.B.1.h. Mandarina	Efecto en total de subcategoría 4.B.1 (%)	-	-	-	0,0	-	-	0,0	0,0
4.B.1.h. Mandarina	Efecto en total neto de subcategoría 4.B.1 (%)	-	-	-	0,0	-	-	-0,0	-0,0
4.B.1.i. Naranja	BTR1	-21,9	-23,1	-44,0	-47,5	-1,7	-28,9	-34,5	-272,3
4.B.1.i. Naranja	BTR2	-21,9	-23,1	-44,0	-47,5	-1,7	-28,9	-34,5	-272,3
4.B.1.i. Naranja	Diferencia	-	-	-	-0,0	0,0	0,0	0,0	-
4.B.1.i. Naranja	Diferencia (%)	-	-	-	0,0	-0,0	-0,0	-0,0	-
4.B.1.i. Naranja	Efecto en total de subcategoría 4.B.1 (%)	-	-	-	-0,0	0,0	0,0	0,0	-
4.B.1.i. Naranja	Efecto en total neto de subcategoría 4.B.1 (%)	-	-	-	-0,0	0,0	-0,0	-0,0	-
4.B.1.j. Tangelo	BTR1	-	-	-	-	-0,2	-0,4	0,8	-0,2
4.B.1.j. Tangelo	BTR2	-	-	-	-	-0,2	-0,4	0,8	-0,2
4.B.1.j. Tangelo	Diferencia	-	-	-	-	-	0,0	0,0	-
4.B.1.j. Tangelo	Diferencia (%)	-	-	-	-	-	-0,0	0,0	-
4.B.1.j. Tangelo	Efecto en total de subcategoría 4.B.1 (%)	-	-	-	-	-	0,0	0,0	-
4.B.1.j. Tangelo	Efecto en total neto de subcategoría 4.B.1 (%)	-	-	-	-	-	-0,0	-0,0	-
4.B.1.k. Marañón	BTR1	-	-	-	-	0,4	-4,8	18,7	-23,5
4.B.1.k. Marañón	BTR2	-	-	-	-	0,4	-4,8	18,7	-23,5
4.B.1.k. Marañón	Diferencia	-	-	-	-	0,0	0,0	-	-0,0
4.B.1.k. Marañón	Diferencia (%)	-	-	-	-	0,0	-0,0	-	0,0
4.B.1.k. Marañón	Efecto en total de subcategoría 4.B.1 (%)	-	-	-	-	0,0	0,0	-	-0,0

Subcategoría	Reporte	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021
4.B.1.k. Marañón	Efecto en total neto de subcategoría 4.B.1 (%)	-	-	-	-	0,0	-0,0	-	0,0
4.B.1.l. Otro	BTR1	1.687,5	1.847,4	2.167,6	2.483,1	2.925,0	2.816,9	3.376,8	3.223,5
4.B.1.l. Otro	BTR2	1.687,5	1.847,4	2.167,6	2.483,1	2.925,0	2.816,9	3.376,8	3.223,5
4.B.1.l. Otro	Diferencia	-	0,0	-	-	-	-	-	0,0
4.B.1.l. Otro	Diferencia (%)	-	0,0	-	-	-	-	-	0,0
4.B.1.l. Otro	Efecto en total de subcategoría 4.B.1 (%)	-	0,0	-	-	-	-	-	0,0
4.B.1.l. Otro	Efecto en total neto de subcategoría 4.B.1 (%)	-	0,0	-	-	-	-	-	-0,0
4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	**BTR1**	**717,9**	**688,5**	**618,2**	**387,3**	**867,1**	**-428,3**	**-1.444,4**	**-2.497,1**
4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	**BTR2**	**733,1**	**851,1**	**802,6**	**783,4**	**1.239,5**	**67,4**	**-302,5**	**-266,6**
4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	**Diferencia**	**15,2**	**162,6**	**184,3**	**396,0**	**372,4**	**495,8**	**1.141,9**	**2.230,5**
4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	**Diferencia (%)**	**2,1**	**23,6**	**29,8**	**102,3**	**42,9**	**-115,7**	**-79,1**	**-89,3**
4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	**Efecto en total de subcategoría 4.B (%)**	**0,1**	**1,0**	**1,6**	**4,8**	**4,2**	**6,1**	**14,7**	**30,5**
4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	**Efecto en total neto de subcategoría 4.B (%)**	**0,1**	**1,4**	**2,7**	**15,7**	**12,6**	**61,0**	**-138,9**	**-119,3**
4.B.2.a. Tierras forestales convertidas a tierras de cultivo	BTR1	10.111,8	11.016,4	6.124,6	2.129,4	2.093,5	1.240,9	622,3	627,8
4.B.2.a. Tierras forestales convertidas a tierras de cultivo	BTR2	10.111,8	11.016,4	6.124,6	2.129,4	2.092,3	1.240,9	622,0	627,5
4.B.2.a. Tierras forestales convertidas a tierras de cultivo	Diferencia	0,0	0,0	0,0	0,0	-1,2	0,0	-0,3	-0,3
4.B.2.a. Tierras forestales convertidas a tierras de cultivo	Diferencia (%)	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,1	0,0	-0,1	-0,1
4.B.2.a. Tierras forestales convertidas a tierras de cultivo	Efecto en total de subcategoría 4.B.2 (%)	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,1	0,0	-0,1	-0,1
4.B.2.a. Tierras forestales convertidas a tierras de cultivo	Efecto en total neto de subcategoría 4.B.2 (%)	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,1	0,0	-0,1	-0,1
4.B.2. Tierras convertidas a tierras de cultivo	**BTR1**	**10.111,8**	**11.016,4**	**6.124,6**	**2.129,4**	**2.093,5**	**1.240,9**	**622,3**	**627,8**
4.B.2. Tierras convertidas a tierras de cultivo	**BTR2**	**10.111,8**	**11.016,4**	**6.124,6**	**2.129,4**	**2.092,3**	**1.240,9**	**622,0**	**627,5**
4.B.2. Tierras convertidas a tierras de cultivo	**Diferencia**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**-1,2**	**0,0**	**-0,3**	**-0,3**

Subcategoría	Reporte	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021
4.B.2. Tierras convertidas a tierras de cultivo	Diferencia (%)	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,1	0,0	-0,1	-0,1
4.B.2. Tierras convertidas a tierras de cultivo	Efecto en total de subcategoría 4.B (%)	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,0	0,0	-0,0	-0,0
4.B.2. Tierras convertidas a tierras de cultivo	Efecto en total neto de subcategoría 4.B (%)	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,0	0,0	0,0	0,0
4.B. Tierras de cultivo	BTR1	10.829,7	11.704,9	6.742,9	2.516,7	2.960,7	812,6	-822,0	-1.869,4
4.B. Tierras de cultivo	BTR2	10.844,9	11.867,6	6.927,2	2.912,7	3.331,8	1.308,4	319,5	360,8
4.B. Tierras de cultivo	Diferencia	15,2	162,6	184,3	396,0	371,2	495,8	1.141,6	2.230,2
4.B. Tierras de cultivo	Diferencia (%)	0,1	1,4	2,7	15,7	12,5	61,0	-138,9	-119,3
4.B. Tierras de cultivo	Efecto en total de subcategoría 4 (%)	0,0	0,1	0,2	0,4	0,4	0,6	0,9	1,9
4.B. Tierras de cultivo	Efecto en total neto de subcategoría 4 (%)	0,0	0,1	0,2	0,5	0,5	0,8	1,2	2,3
4. Silvicultura, uso y cambio de uso de la tierra	BTR1	121.788,9	124.332,9	105.074,7	83.002,3	72.605,6	62.187,9	98.627,8	96.603,1
4. Silvicultura, uso y cambio de uso de la tierra	BTR2	120.054,1	122.715,8	103.428,2	81.603,3	70.838,1	60.974,4	97.865,7	97.036,3
4. Silvicultura, uso y cambio de uso de la tierra	Diferencia	-1.734,8	-1.617,1	-1.646,5	-1.399,0	-1.767,6	-1.213,6	-762,0	433,2
4. Silvicultura, uso y cambio de uso de la tierra	Diferencia (%)	-1,4	-1,3	-1,6	-1,7	-2,4	-2,0	-0,8	0,4

Fuente: Elaboración propia

Los recálculos realizados en la categoría 4.B. Tierras de cultivo no obedecen a cambios en las ecuaciones de cálculo de emisiones, sino principalmente al refinamiento en el procesamiento de la información y a la reconstrucción de datos. En este sentido, el impacto neto de estos nuevos cálculos modificó tanto el total de las emisiones como la tendencia histórica de la categoría. Específicamente, los recálculos ajustaron las emisiones netas de las Tierras de Cultivo con incremento de 15,2 kt CO_2eq (0,1 %) para el año 1990 a 2.230,2 kt CO_2eq (1,9 %) para el año 2021. Este comportamiento se deriva casi en su totalidad de la revisión de las subcategorías de cultivos de Limón y Palma de aceite. Específicamente, la subcategoría 4.B.1.g. Limón presenta fluctuaciones a lo largo del periodo debido a la reconstrucción de los datos de actividad mediante técnicas de empalme para el periodo 1985 a 1989. Por su parte, la subcategoría 4.B.1.b. Palma de aceite registra variaciones derivadas del refinamiento en el procesamiento de sus respectivos datos de actividad.

6.3.7 Mejoras planeadas de la categoría

Las mejoras planeadas para la presente categoría 4.B. Tierras de cultivo se orientan en la transparencia, exhaustividad, comparabilidad y consistencia temporal. Estas actividades priorizadas responden a las oportunidades de mejora identificadas a partir de los procesos de control de calidad (QA/QC), análisis de incertidumbre, resultados de talleres de socialización y la revisión de la disponibilidad de información sectorial, por otra parte, las recomendaciones formuladas desde el apoyo externo como CIAT y/o taller de metano CMNUCC. Su implementación se desarrollará bajo la premisa de articulación interinstitucional asegurando la coherencia con las Directrices del IPCC. Las oportunidades de mejora específicas para esta categoría se presentan en la Tabla 6-26.

Tabla 6-26. Tierras de cultivo: Plan de mejora

Subcategoría	Oportunidad de mejora	Periodo	Actores	Priorización
4.B. Tierras de cultivo	Revisar y ajustar los datos reconstruidos para cultivos permanentes y deforestación (bosque núcleo y borde convertidos a tierras de cultivo) utilizando métodos recomendados por el IPCC para el llenado de vacíos y la consistencia de series temporales.	1990-2024	Ideam-SEA	BTR5
	A partir de los mapas de suelos del país, hacer la homologación de los suelos a categorías IPCC e identificar cuales se consideran como minerales u orgánicos y su discriminación por tipo de cobertura.	1990-2024	Ideam-SEA Ideam-SMByC	BTR5
4.B.1.a. Cultivo de café	Desarrollar conjuntos de datos anuales de áreas afectadas por incendios e integrar datos de teledetección cuando estén disponibles	1990-2024	Ideam-SEA FNC UPRA	BTR3
4.B.1.b. Cultivo de Palma	Realizar mesas técnicas con la UPRA y Fedepalma para que el Ideam disponga de un flujo continuo de datos de cultivos espacialmente explícitos.	1990-2024	Ideam-SEA Fedepalma UPRA MiniAgricultura	BTR3
4.B.1.e. Cultivo de Caucho	Realizar mesas técnicas con el Ministerio de Agricultura, la UPRA y la asociación del sector para que el Ideam cuente con un flujo continuo de información espacialmente explícita de cultivos.	1990-2024	Ideam-SEA Minagricultura ICA UPRA	BTR3
4.B.1.k. Cultivo de Marañon	Incorporar estimaciones Tier 2 utilizando la información más actualizada generada por Agrosavia en el marco del Proyecto Biocarbono para este reservorio.	1990-2024	Ideam-SEA Proyecto pro NDC	BTR3
4.B.(I), 4.B.(II) y 4.B.(III)	Compilar los datos de actividad e incluir estimaciones de emisiones de N_2O por mineralización/inmovilización, emisiones y remociones por manejo de suelos orgánicos y minerales, y emisiones directas de N_2O por aportes de nitrógeno; revisar y ajustar la información actualmente reportada en el sector Agricultura; y completar la matriz de cambio de uso del suelo utilizando mapas CLC para identificar transiciones hacia tierras de cultivo.	1990-2024	Ideam-SEA	BTR4

Subcategoría	Oportunidad de mejora	Periodo	Actores	Priorización
4(IV).B.1. b. Incendios forestales y (4(IV).B.1.l Otros)	La reconstrucción con información disponible de áreas quemadas utilizando estudios de la academia y los diferentes tipos de cultivos.	1990-2024	Ideam-SEA Cenicaña Asocaña ICA	BTR6
4.B.2. Tierras convertidas en tierras de cultivo	Integrar la información sobre emisiones provenientes del aprovechamiento en bosques naturales y plantaciones forestales comerciales con las estimaciones de productos de madera cosechada (HWP) para asegurar la consistencia entre reservorios y categorías de reporte.	1990-2024	Ideam-SEA Ideam-SMByC Fedemaderas MinAgricultura MinAmbiente	BTR5

Fuente: Elaboración propia

6.4 Pastizales (CRT 4.C)

6.4.1 Descripción y tendencia de las emisiones y absorciones atmosféricas de la categoría

La categoría 4.C. Pastizales comprende las emisiones y absorciones de dióxido de carbono (CO_2) asociadas a los cambios en las existencias de carbono de la biomasa viva, la materia orgánica muerta y el carbono orgánico del suelo en los pastizales que permanecen como tales (4.C.1) y en las tierras convertidas a pastizales (4.C.2), de conformidad con las Directrices del IPCC de 2006 (EEA, 2019; IPCC, 2006b). Para Colombia, esta categoría incluye la estimación de las emisiones y absorciones derivadas de los pastizales gestionados, las tierras forestales convertidas a pastizales y, por primera vez en el BTR2, la subcategoría 4.C.2.b.ii. Tierras de cultivo convertidas a herbazales, incorporada para ampliar la cobertura de las transiciones de uso de la tierra consideradas en el Inventario Nacional de GEI y fortalecer la exhaustividad del reporte (Ideam, 2024).

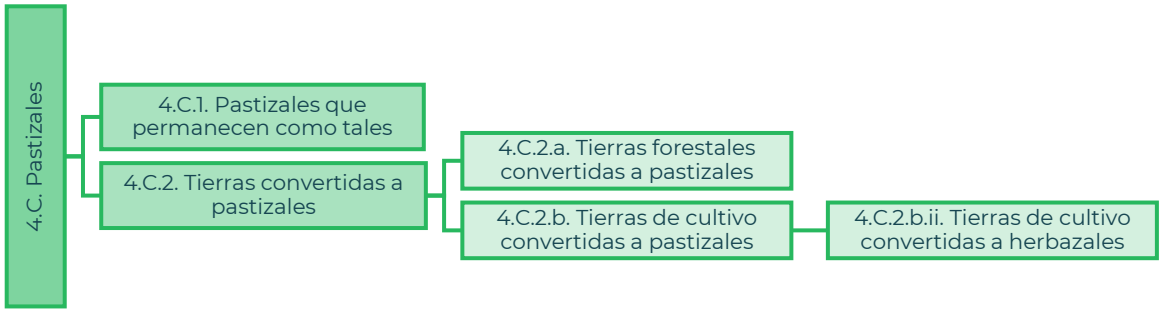


Figura 6-12. Pastizales: Estructura de la categoría y subcategorías consideradas en el Inventario Nacional de GEI.

Nota: La categoría 4.C.1 comprende los pastizales que permanecen como tales, mientras que la categoría 4.C.2 corresponde a las tierras convertidas a pastizales, incluyendo las tierras forestales convertidas a pastizales y las tierras de cultivo convertidas a herbazales.

Fuente: Elaboración propia con base en las Directrices del IPCC de 2006 y la estructura del Inventario Nacional de GEI de Colombia.

La Figura 6-12 presenta la estructura de la categoría 4.C. Pastizales y las subcategorías consideradas en el Inventario Nacional de GEI. La categoría comprende los pastizales que permanecen como tales (4.C.1) y las tierras convertidas a pastizales (4.C.2), incluyendo las subcategorías 4.C.2.a. Tierras forestales convertidas a pastizales y 4.C.2.b.ii. Tierras de cultivo convertidas a herbazales. Esta desagregación responde a las categorías de reporte establecidas por las Directrices del IPCC de 2006 (IPCC, 2006b) y constituye la base para la estimación de las emisiones y absorciones de CO_2 asociadas a los cambios en las existencias de carbono de la biomasa y del suelo.

La tendencia de emisiones netas para esta categoría. Durante el período 1990–2024, la categoría mantiene una contribución significativa al balance nacional de emisiones del sector LULUCF, en esta categoría se presenta disminución de 30.966,3 kt CO_2eq a 25.645,9 kt CO_2eq, oscilan entre absorciones 0 kt CO_2eq a -4.852,9 kt CO_2eq, asomo mismo se registran las emisiones que varían entre 30.966,2 kt CO_2eq a 30.498,7 kt CO_2eq. Principalmente como consecuencia de la conversión de tierras forestales a pastizales. En contraste, los pastizales que permanecen como tales continúan actuando como sumideros netos de carbono, contribuyendo a reducir parcialmente las emisiones generadas por los cambios de uso de la tierra.

En 2024, la categoría registró 25.645,9 kt CO_2eq, constituyéndose en la segunda categoría con mayor contribución al balance neto de emisiones del sector LULUCF, después de las tierras forestales. Del total reportado emisiones netas, 28.843,1 kt CO_2eq corresponden a las tierras convertidas a pastizales, mientras que los pastizales que permanecen como tales registraron una absorción neta de 3.197,3 kt CO_2eq, reflejando el efecto compensatorio de esta subcategoría sobre el balance total.

En 2024, la principal contribución a las emisiones correspondió a la subcategoría 4.C.2.a. Tierras forestales convertidas a pastizales, con 28.806,4 kt CO_2eq, equivalente al 94,5 % de las emisiones de las tierras convertidas a pastizales. Por su parte, la subcategoría 4.C.2.b.ii. Tierras de cultivo convertidas a herbazales, incorporada por primera vez en el BTR2, registró 36,7 kt CO_2eq (0,1 %), ampliando la cobertura metodológica del inventario respecto al BTR1.

En cuanto las absorciones determinadas por la subcategoría 4.C.1. Pastizales que permanecen como tales, representan el 100% del total de las absorciones de esta categoría para el año 2024. El cual muestra un comportamiento creciente a lo largo serie temporal con valores al inicio de la serie de 0 kt CO_2eq al registro desde el año 2004 (-1.054,6 kt CO_2eq) a un valor más alto en 2021 (-4.852,7 kt CO_2eq), determinando el promedio histórico de 1990 – 2024 de -2.156,3 kt CO_2eq.

La Tabla 6-27 presenta las emisiones y absorciones de GEI de la categoría 4.C. Pastizales para los años seleccionados de la serie temporal 1990–2024, desagregadas por categoría y subcategoría. Los resultados permiten identificar la contribución de los pastizales que permanecen como tales y de las diferentes transiciones de uso de la tierra al balance de CO_2 de la categoría, evidenciando el predominio de las emisiones asociadas a la conversión de tierras forestales hacia pastizales.

Tabla 6-27. Pastizales: Emisiones y absorciones de GEI por categoría y subcategoría (kt CO_2eq).

Subcategoria	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
4.C.1. Pastizales que permanecen como tales	2.487,2	2.250,7	2.318,7	-265,4	-450,7	-1.629,7	-2.175,9	-3.197,3	-3.197,3	-3.197,3	-3.197,3
4.C.2. Tierras convertidas a pastizales	28.479,1	31.340,5	32.666,0	34.831,0	28.913,9	26.038,6	39.068,1	40.004,2	29.279,9	21.587,7	28.843,1
4.C.2.a. Tierras forestales convertidas a pastizales	28.452,8	31.314,3	32.639,8	34.795,4	28.892,8	25.987,0	39.023,7	39.965,4	29.243,2	21.551,0	28.806,4
4.C.2.b. Tierras de cultivo convertidas a pastizales	26,3	26,3	26,3	35,7	21,1	51,6	44,4	38,8	36,7	36,7	36,7
4.C.2.b.ii. Tierras de cultivo convertidas a herbazales	26,3	26,3	26,3	35,7	21,1	51,6	44,4	38,8	36,7	36,7	36,7
4.C. Pastizales	**30.966,3**	**33.591,2**	**34.984,7**	**34.565,6**	**28.463,3**	**24.408,9**	**36.892,3**	**36.807,0**	**26.082,7**	**18.390,5**	**25.645,9**

Nota: Los valores negativos corresponden a absorciones netas de CO_2.

Fuente: Elaboración propia

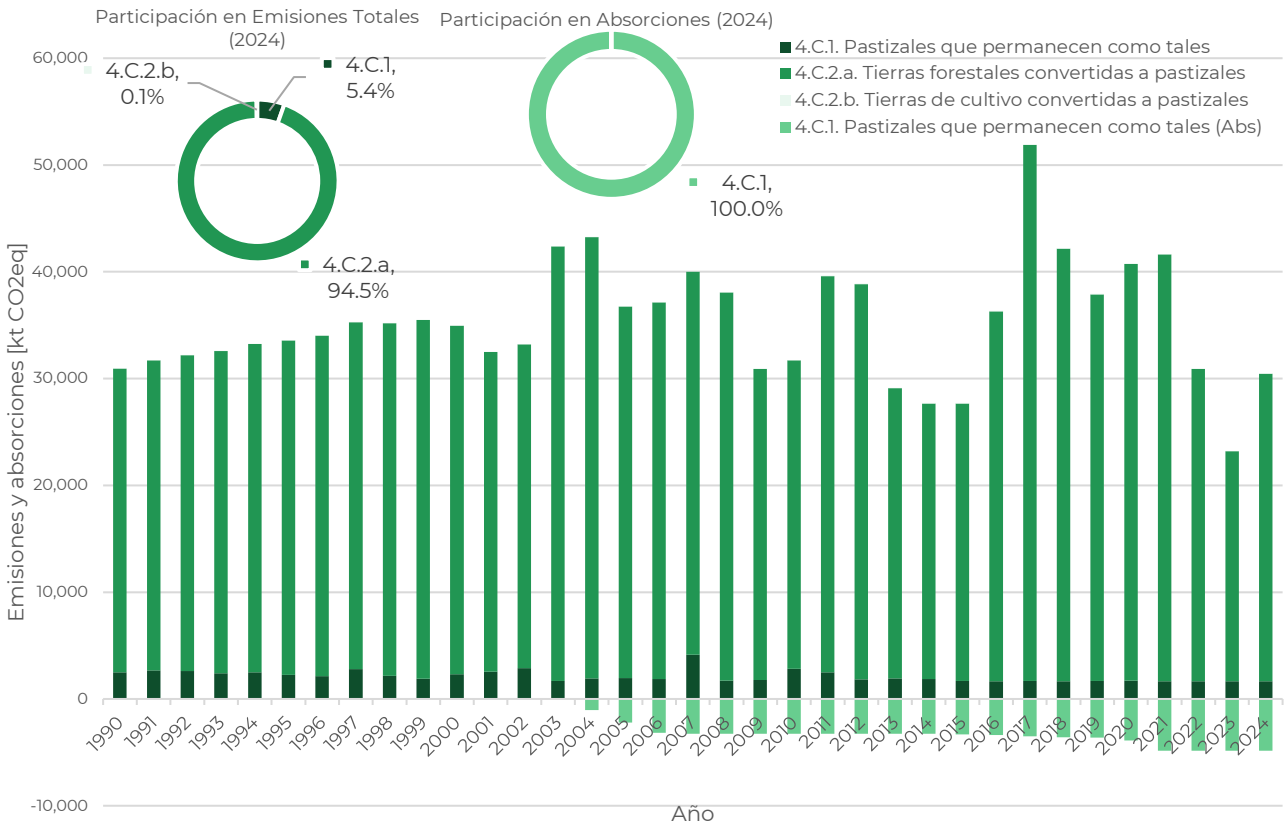


Figura 6-13. Pastizales: Emisiones y absorciones de GEI por subcategoría, 1990–2024

Nota: La figura presenta la evolución temporal de las emisiones y absorciones de CO_2 de las subcategorías de la categoría 4.C. Pastizales.

Fuente: Elaboración propia

La Figura 6-13 presenta la evolución de las emisiones y absorciones de GEI de la categoría 4.C. Pastizales durante el período 1990–2024, así como la participación de las principales subcategorías en el balance neto de emisiones para 2024. Se observa que las emisiones de la categoría son dominadas por las tierras forestales convertidas a pastizales, mientras que los pastizales que permanecen como tales presentan absorciones netas de CO_2 que atenúan parcialmente el balance de emisiones. Asimismo, la incorporación de la subcategoría Tierras de cultivo convertidas a herbazales amplía la representación de las conversiones de uso de la tierra consideradas en el presente inventario.

La categoría 4.C. Pastizales está asociada exclusivamente a la estimación de las emisiones de CO_2 derivadas de los cambios en las existencias de carbono de la biomasa viva, la materia orgánica muerta y el carbono orgánico del suelo. En consecuencia, no se estiman emisiones de CH_4, N_2O, HFC, PFC, SF_6 ni NF_3 para esta categoría (IPCC, 2006b).

La Tabla 6-28 presenta el resumen de las emisiones totales de GEI de la categoría por gas para el período 1990–2024. Como se observa, el CO_2 constituye el único gas estimado para esta categoría, mientras que los demás gases se reportan mediante la clave de notación NE, de conformidad con las Directrices del IPCC de 2006 y las Tablas Comunes de Reporte (CRT) (IPCC, 2006b; UNFCCC, 2024).

Tabla 6-28. Pastizales: Emisiones totales de GEI (kt CO_2eq)

GEI	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
CO_2	30.966,3	33.591,2	34.984,7	34.565,6	28.463,3	24.408,9	36.892,3	36.807,0	26.082,7	18.390,5	25.645,9
CH_4	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
N_2O	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
HFC	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

GEI	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
PFC	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
SF_6	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
NF_3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Total	30.966,3	33.591,2	34.984,7	34.565,6	28.463,3	24.408,9	36.892,3	36.807,0	26.082,7	18.390,5	25.645,9

Nota: Para esta categoría únicamente se estiman emisiones de CO_2.

Fuente: Elaboración propia

Para la categoría 4.C. Pastizales no aplica las estimación de emisiones de carbono negro (CN) ni contaminantes criterio (CR). Las metodologías aplicadas se enfocan exclusivamente en la estimación de las emisiones y absorciones de CO_2 asociadas a los cambios en las existencias de carbono de la biomasa viva, la biomasa muerta, la materia orgánica muerta y el carbono orgánico del suelo, de conformidad con las Directrices del IPCC de 2006 (IPCC, 2006b). Las emisiones de carbono negro y contaminantes criterio asociadas a incendios y quema de biomasa en pastizales se estiman y reportan de manera independiente en la categoría 4(IV). Quema de biomasa (EEA, 2019). En consecuencia, estas sustancias se reportan mediante las claves de notación correspondientes en las Tablas Comunes de Reporte (CRT) (UNFCCC, 2024).

6.4.2 Aspectos metodológicos de la categoría

Las estimaciones de emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero (GEI) para la categoría 4.C. Pastizales se realizaron de conformidad con las Directrices del IPCC de 2006, Volumen 4 Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra (AFOLU), Capítulo 2, aplicando los métodos recomendados para la estimación de los cambios en las existencias de carbono de la biomasa viva, la materia orgánica muerta y el carbono orgánico del suelo asociados a los pastizales (IPCC, 2006, IPCC, 2019).

La categoría comprende las subcategorías 4.C.1. Pastizales que permanecen como tales y 4.C.2. Tierras convertidas a pastizales, para las cuales se estiman los cambios en las existencias de carbono derivados de la permanencia o conversión entre diferentes categorías de uso de la tierra.

En la subcategoría 4.C.1. Pastizales que permanecen como tales, las estimaciones se realizaron utilizando información nacional sobre sistemas silvopastoriles, áreas de pastoreo y demás datos de actividad disponibles para el país, complementados con factores de emisión específicos para Colombia y, cuando fue necesario, con los valores por defecto establecidos en las Directrices del IPCC de 2006 (Ideam, 2024; IPCC, 2006b).

Para la subcategoría 4.C.2. Tierras convertidas a pastizales, las estimaciones se realizaron mediante el enfoque de pérdidas y ganancias recomendado por el IPCC, considerando los cambios en las existencias de carbono de la biomasa viva, la materia orgánica muerta y el carbono orgánico del suelo ocasionados por la conversión de tierras forestales y tierras de cultivo hacia pastizales.

Para la subcategoría 4.C.2.b.i. Tierras de cultivo convertidas a herbazales se utilizó un método de nivel 2 para la estimación de los cambios en las existencias de carbono en biomasa y suelos, empleando factores de emisión específicos desarrollados a partir de información nacional y regional disponible para herbazales. Adicionalmente, se aplicó el método 3 para identificar y cuantificar las dinámicas de cambio de cobertura mediante el análisis espacialmente explícito de mapas de coberturas de la tierra elaborados bajo la metodología CORINE Land Cover (CLC).

En el BTR2 se incorpora por primera vez la subcategoría 4.C.2.b.ii. Tierras de cultivo convertidas a herbazales, ampliando la cobertura de las transiciones de uso de la tierra consideradas en la categoría y fortaleciendo la exhaustividad del reporte, de conformidad con las Directrices del IPCC de 2006 (IPCC, 2006b; UNFCCC, 2024).

Los cálculos fueron desarrollados mediante las hojas de estimación del Inventario Nacional de GEI, integrando información proveniente del Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC), el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, el Ideam y demás fuentes oficiales empleadas para la elaboración del inventario (Ideam, 2021, Ideam, 2024).

La Tabla 6-29 presenta los métodos de estimación, niveles metodológicos (Tier), ecuaciones y fuentes utilizadas para la cuantificación de las emisiones y absorciones de GEI de la categoría 4.C. Pastizales. Las metodologías aplicadas permiten estimar las emisiones y absorciones de GEI de la categoría 4.C. Pastizales de manera consistente a lo largo de la serie temporal, garantizando la comparabilidad, transparencia y coherencia metodológica del Inventario Nacional de GEI.

Tabla 6-29. 4.C: Pastizales. Aspectos metodológicos para la estimación de GEI

Subcategoría	Contaminante	Nivel (Tier)	No. ecuación	Ecuación	Fuente
4.C.1. Pastizales que permanecen como tales	CO_2	2	V. 2, Ch 4, Ec. 2.7, 2.9, 2.10, 2.11, 2.14, y 2.26	$\Delta C_B = \Delta C_G - \Delta C_L$ Dónde: ΔC_B = Variación anual de las reservas de carbono de la biomasa. t C/año ΔC_G = Aumento anual de las reservas de carbono de la biomasa. t C/año ΔC_L = Disminución anual de las reservas de carbono de la biomasa. t C/año $\Delta C_G = \Sigma(A * G_{total} * CF)$ Dónde: ΔC_G = Aumento anual de las reservas de carbono de la biomasa. t C/año A= Área de tierras que permanecen en la misma categoría. ha G_{total} = Crecimiento medio anual de la biomasa. t m.s/ha.año CF = Fracción de carbono de la materia seca. t C/(tonelada m.s) $\Delta C_L = L_{remoción-bosques} + L_{madera-combustible} + L_{perturbación}$ Dónde: ΔC_L = Disminución anual de las reservas de carbono de la biomasa. t C/año. $L_{remoción-bosques}$ = Pérdida anual de carbono debido a las extracciones de madera*. t C/año. $L_{madera-combustible}$ = Pérdida anual de carbono debido a las extracciones de leña-combustible. t C/año. $L_{perturbación}$= Pérdida anual de carbono debido a perturbaciones*. t C/año. $L_{perturbación} = \{A_{perturbación} * B_W * (1 + R) + CF * fd\}$ Dónde: $L_{perturbaión}$ = Pérdida anual de carbono debido a perturbaciones. t C/año. B_w= Promedio de biomasa aérea de las zonas afectadas. t m.s/ha R = Relación entre la biomasa subterránea y la biomasa por encima del suelo. t_{bg} m.s/(t_{ag} m.s). CF = Fracción de carbono de la materia seca. t C/m.s. df = Fracción de la biomasa perdida por perturbaciones $L_{orgánicos} = \Sigma(A * EF)$	IPCC, 2006.

Subcategoría	Contaminante	Nivel (Tier)	No. ecuación	Ecuación	Fuente
				Dónde: A =Superficie de suelos orgánicos drenados por tipo de clima. ha. EF=Factor de emisión por el tipo de clima. t C/ha.año	
4.C.2.a. Tierras forestales convertidas a pastizales	CO_2	2	V. 2, Ch 4, Ec. 2.15, 2.16, 2.18 y 2.25	$\Delta C_B = \Delta C_G + \Delta \text{Conversión} - \Delta C_L$ Dónde: ΔC_B = Variación anual de las reservas de carbono de la biomasa. t $C/año$ ΔC_G = Aumento anual de las reservas de carbono de la biomasa. t $C/año$ ΔC_L = Disminución anual de las reservas de carbono de la biomasa. t $C/año$ $\Delta C_{conversión} = \Sigma\left((B_{después} - B_{antes}) * \Delta A_{otras}\right) * CF$ Dónde: $B_{después}$= Existencia de biomasa en tipo tierra i antes de la conversión. t.d.m/ha. B_{antes}= Existencia de biomasa en tipo tierra i antes de la conversión. t.d.m/ha. ΔA_{otras}= Superficie de uso de la tierra i convertida a otra categoría de uso. ha/año. CF =Fracción de carbono de la materia seca. t C $(t\ m.s)^{-1}$ $\Delta C_{DOM} = A * \left((DOM_{in} - DOM_{out}) * CF\right)$ Donde: ΔC_{DOM} = cambio anual en las existencias de carbono de los depósitos de madera muerta/hojarasca. t C/año A = superficie de tierra gestionada. ha DOM_{in} = transferencia anual promedio de biomasa al depósito de madera muerta/hojarasca debido a procesos y perturbaciones anuales. t.d.m/ha.año DOM_{out} = pérdida de carbono promedio anual por descomposición y perturbaciones procedente de depósitos de madera muerta o de hojarasca. t.d.m/ha.año CF = fracción de carbono de materia seca. ton C/(t d.m.). $\Delta C_{Minerales} = \left((SOC_0 - SOC_{(0-T)})/D\right)$ Dónde: SOC_0= Existencia de carbono orgánico en suelos en el último año de un periodo en el inventario. t.C	IPCC, 2006.

Subcategoría	Contaminante	Nivel (Tier)	No. ecuación	Ecuación	Fuente
				$SOC_{0\text{-}T}$= Existencia de carbono orgánico en suelos al comienzo de un periodo en el inventario. t.C D= Cantidad de tiempo de un periodo dado $$SOC = \Sigma\,(SOC_{REF} * F_{LU} * F_{MG} * F_I * A)$$ Dónde: F_{LU}= Factor de cambio de existencias para sistemas de uso de la tierra. F_{MG}= Factor de cambio de existencias para regímenes de gestión. F_{LU}= Factor de cambio de existencias para el aporte de materia orgánica.	
4.C.2.b.ii. Tierras de cultivo convertidas a herbazales	CO_2	2	V. 2, Ch 4, Ec. 2.15, 2.16, 2.18 y 2.25	$$\Delta C_B = \Delta C_G + \Delta \text{Conversión} - \Delta C_L$$ Dónde: ΔC_B = Variación anual de las reservas de carbono de la biomasa. t $C.año^{-1}$ ΔC_G = Aumento anual de las reservas de carbono de la biomasa. t $C.año^{-1}$ ΔC_L = Disminución anual de las reservas de carbono de la biomasa. t $C.año^{-1}$ $$\Delta C_{conversión} = \Sigma\left(\left(B_{después} - B_{antes}\right) * \Delta A_{otras}\right) * CF$$ Dónde: $B_{después}$= Existencia de biomasa en tipo tierra i antes de la conversión. t.d.m/ha. B_{antes}= Existencia de biomasa en tipo tierra i antes de la conversión. t.d.m/ha. ΔA_{otras}= Superficie de uso de la tierra i convertida a otra categoría de uso. ha/año. CF =Fracción de carbono de la materia seca. t C $(t\ m.s)^{-1}$ $$\Delta C_{DOM} = A * \left((DOM_{in} - DOM_{out}) * CF\right)$$ Donde: ΔC_{DOM} = cambio anual en las existencias de carbono de los depósitos de madera muerta/hojarasca. t C/año. A = superficie de tierra gestionada. ha DOM_{in} = transferencia anual promedio de biomasa al depósito de madera muerta/hojarasca debido a procesos y perturbaciones anuales. t d.m/ha.año. DOM_{out} = pérdida de carbono promedio anual por descomposición y perturbaciones procedente de depósitos de madera muerta o de hojarasca. t d.m/ha.año. CF = fracción de carbono de materia seca. ton C $(t\ d.m.)^{-1}$	IPCC, 2006.

Subcategoría	Contaminante	Nivel (Tier)	No. ecuación	Ecuación	Fuente
				$\Delta C_{Minerales} = \left((SOC_0 - SOC_{(0-T)})/D\right)$ Dónde: $SOC_{0=}$ Existencia de carbono orgánico en suelos en el último año de un periodo en el inventario. t.C $SOC_{0-T=}$ Existencia de carbono orgánico en suelos al comienzo de un periodo en el inventario. t.C $D_=$ Cantidad de tiempo de un periodo dado $SOC = \Sigma\ (SOC_{REF} * F_{LU} * F_{MG} * F_I * A)$ Dónde: $F_{LU=}$ Factor de cambio de existencias para sistemas de uso de la tierra. $F_{MG=}$ Factor de cambio de existencias para regímenes de gestión. $F_{LU=}$ Factor de cambio de existencias para el aporte de materia orgánica.	

Nota: Para la categoría 4.C. Pastizales únicamente se estiman emisiones y absorciones de CO_2 asociadas a los cambios en las existencias de carbono de la biomasa viva, la materia orgánica muerta y el carbono orgánico del suelo.

Fuente: Elaboración propia con base en las Directrices del IPCC de 2006, Volumen 4, Capítulo 2, y el Inventario Nacional de GEI de Colombia.

6.4.2.1 Datos de actividad de la categoría

Los datos de actividad utilizados para la estimación de las emisiones y absorciones de GEI en la categoría 4.C. Pastizales corresponden a las superficies ocupadas por pastizales que permanecen como tales, las áreas de tierras forestales convertidas a pastizales y las áreas de tierras de cultivo convertidas a herbazales incorporadas en el BTR2 (Ideam, 2024).

Para la subcategoría 4.C.1. Pastizales que permanecen como tales, los datos de actividad provienen de información nacional sobre áreas de pastoreo y sistemas silvopastoriles, consolidada a partir de registros oficiales del sector agropecuario.

Para la subcategoría 4.C.2.a. Tierras forestales convertidas a pastizales, los datos de actividad corresponden a las superficies de cambio de uso de la tierra identificadas mediante el Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC).

En el BTR2 se incorporan los datos de actividad correspondientes a la subcategoría 4.C.2.b.ii. Tierras de cultivo convertidas a herbazales, obtenidos a partir de los análisis nacionales de cambio de cobertura y armonizados con las categorías de uso de la tierra establecidas por las Directrices del IPCC de 2006 (IPCC, 2006b). Esta incorporación amplía la cobertura de las transiciones consideradas en la categoría y fortalece la exhaustividad del inventario.

Con el propósito de garantizar la coherencia de la serie temporal 1990–2024, los datos de actividad fueron sometidos a procesos de validación, armonización y control de calidad, verificando su consistencia espacial y temporal con las bases de cálculo utilizadas en el Inventario Nacional de GEI.

La Tabla 6-30 presenta las principales fuentes de datos de actividad utilizadas para la estimación de las emisiones y absorciones de GEI de la categoría 4.C. Pastizales.

Tabla 6-30. Pastizales: Fuentes de datos de actividad utilizadas para la estimación de las emisiones y absorciones de GEI

Subcategoría	Dato de actividad	Periodo	Fuente de información	Comentarios
4.C.1. Pastizales que permanecen como tales	Área de pastizales y sistemas	1990–2024	Ministerio de Agricultura y	Información oficial armonizada para el inventario.

	silvopastoriles (ha)		Desarrollo Rural; SMByC	
4.C.2.a. Tierras forestales convertidas a pastizales	Superficie de cambio de uso de la tierra (ha)	1990–2024	SMByC – Ideam	Áreas de conversión utilizadas para la estimación de cambios en las existencias de carbono.
4.C.2.b.ii. Tierras de cultivo convertidas a herbazales	Superficie de cambio de uso de la tierra (ha)	1990–2024	SMByC – Ideam	Áreas identificadas mediante matrices de cambio de uso de la tierra construidas a partir de mapas de coberturas de la tierra elaborados bajo la metodología CORINE Land Cover (CLC).

Fuente: Elaboración propia con base en el Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC), Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural e Inventario Nacional de GEI de Colombia.

La Tabla 6-31 presenta los datos de actividad utilizados para la estimación de las emisiones y absorciones de GEI de la categoría 4.C. Pastizales durante el periodo 1990–2024. Los valores corresponden a las variables de entrada empleadas directamente en las bases de cálculo del Inventario Nacional de GEI y constituyen la base para la estimación de los cambios en las existencias de carbono de la biomasa viva, la biomasa muerta, la materia orgánica muerta y el carbono orgánico del suelo asociados a las subcategorías reportadas. Asimismo, los datos de actividad asociados a la subcategoría 4.C.2.b.i. Tierras de cultivo convertidas a herbazales fueron obtenidos mediante información espacialmente explícita derivada de los mapas de coberturas de la tierra bajo la metodología CORINE Land Cover (CLC).

Tabla 6-31. Pastizales: Datos de actividad utilizados para la estimación de las emisiones y absorciones de GEI, 1990–2024

Año	4.C.1. Pastizales que permanecen como tales	4.C.2.a. Tierras forestales convertidas a pastizales				4.C.2.b.i. Tierras de cultivo convertidas a herbazales
	Área de pastizales que permanecen como tales ha	Área de bosque natural (borde) ha	Área de bosque natural (núcleo) ha	Fracción de área de bosque natural (borde) convertida a pastizales Porcentaje (decimal)	Fracción de área de bosque natural (núcleo) convertida a pastizales Porcentaje (decimal)	Área de cultivo convertido a herbazales ha
1990	343.091,8	202.574,8	62.866,2	2,1	2,1	1.662
1991	343.091,8	202.574,8	62.866,2	2,1	2,1	1.662
1992	343.091,8	202.574,8	62.866,2	2,1	2,1	1.662
1993	343.091,8	202.574,8	62.866,2	2,1	2,1	1.662
1994	343.091,8	202.574,8	62.866,2	2,1	2,1	1.662
1995	343.091,8	202.574,8	62.866,2	2,1	2,1	1.662
1996	343.091,8	202.574,8	62.866,2	2,1	2,1	1.662
1997	343.091,8	202.574,8	62.866,2	2,1	2,1	1.662
1998	343.091,8	202.574,8	62.866,2	2,1	2,1	1.662
1999	343.091,8	202.574,8	62.866,2	2,1	2,1	1.662
2000	343.091,8	150.368,5	49.911,6	2,4	2,4	1.662
2001	343.091,8	98.162,2	36.957,1	2,7	2,7	1.662
2002	343.091,8	98.162,2	36.957,1	2,7	2,7	1.662
2003	343.091,8	132.263,8	46.837,8	3,5	3,5	1.662
2004	410.539,8	132.263,8	46.837,8	3,5	3,5	1.662
2005	485.002,4	100.816,5	37.757,1	3,2	3,2	1.662
2006	545.435,8	100.816,5	37.757,1	3,2	3,2	437
2007	552.180,6	102.886,0	37.235,0	3,4	3,4	437

Año	4.C.1. Pastizales que permanecen como tales	4.C.2.a. Tierras forestales convertidas a pastizales				4.C.2.b.i. Tierras de cultivo convertidas a herbazales
	Área de pastizales que permanecen como tales ha	Área de bosque natural (borde) ha	Área de bosque natural (núcleo) ha	Fracción de área de bosque natural (borde) convertida a pastizales Porcentaje (decimal)	Fracción de área de bosque natural (núcleo) convertida a pastizales Porcentaje (decimal)	Área de cultivo convertido a herbazales ha
2008	552.180,6	102.886,0	37.235,0	3,4	3,4	437
2009	552.180,6	87.724,6	32.791,9	3,0	3,0	437
2010	552.180,6	87.724,6	32.791,9	3,0	3,0	437
2011	552.180,6	99.578,1	40.194,2	2,8	2,8	1.713
2012	552.180,6	99.578,1	40.194,2	2,8	2,8	1.713
2013	552.180,6	93.471,9	22.655,0	2,6	2,6	1.713
2014	552.180,6	108.701,1	28.610,8	2,3	2,3	1.713
2015	555.182,6	97.283,3	26.551,2	2,4	2,4	1.713
2016	560.482,6	132.867,7	44.870,1	2,7	2,7	1.713
2017	568.888,6	151.986,8	67.501,0	2,8	2,8	1.713
2018	575.939,6	131.759,4	65.345,7	2,7	2,7	1.713
2019	578.621,6	108.429,0	50.411,0	2,6	2,6	593
2020	597.891,6	113.510,9	58.141,1	2,6	2,6	593
2021	665.986,6	114.861,1	59.206,9	2,6	2,6	184
2022	665.986,6	86.432,6	37.019,8	2,6	2,6	184
2023	665.986,6	54.781,6	24.474,7	2,6	2,6	184
2024	665.986,6	76.110,7	37.497,2	2,6	2,6	184

Nota: Los valores corresponden a los datos de actividad utilizados como variables de entrada para la estimación de las emisiones y absorciones de GEI de la categoría 4.C. Pastizales durante el periodo 1990–2024. Los datos incluyen las superficies de pastizales que permanecen como tales, las áreas de bosque natural convertidas a pastizales y las fracciones de área de bosque natural (bosque núcleo y bosque borde) convertidas a pastizales empleadas en las bases de cálculo del Inventario Nacional de GEI.

Fuente: Elaboración propia con base en el Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC), el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y el Inventario Nacional de GEI de Colombia.

6.4.2.2 Factores de emisión aplicados en la categoría

Los factores de emisión y absorción utilizados para la estimación de las emisiones y absorciones de GEI en la categoría 4.C. Pastizales corresponden principalmente a factores específicos para Colombia, desarrollados a partir de información proveniente del Inventario Forestal Nacional (IFN), el Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC), estudios nacionales sobre biomasa de pastizales y demás investigaciones técnicas empleadas en la elaboración del Inventario Nacional de GEI. Cuando no se dispone de factores específicos nacionales para determinados reservorios de carbono, se utilizan los factores por defecto recomendados en las Directrices del IPCC de 2006 (Ideam, 2024; IPCC, 2006b).

Para la subcategoría 4.C.2.b.i. Tierras de cultivo convertidas a herbazales se utilizaron factores específicos derivados principalmente de investigaciones desarrolladas por la Pontificia Universidad Javeriana-Ecopetrol y el proyecto Biocarbono Orinoquia – Paisajes Sostenibles Bajos en Carbono.

Cuando no se dispone de factores específicos para el país, se emplean los factores por defecto recomendados por las Directrices del IPCC de 2006 (IPCC, 2006a), garantizando la consistencia metodológica entre las diferentes subcategorías de pastizales.

Los factores de emisión y absorción representan los cambios en las existencias de carbono de la biomasa viva, la materia orgánica muerta y el carbono orgánico del suelo asociados a los pastizales que permanecen como tales y a las diferentes transiciones de uso de la tierra consideradas en la categoría. La selección de cada factor

se realizó de acuerdo con el nivel metodológico aplicado, el reservorio de carbono evaluado y la disponibilidad de información nacional para cada subcategoría.

La Tabla 6-32 presenta los factores de emisión y absorción utilizados para la estimación de las emisiones y absorciones de GEI en la categoría 4.C. Pastizales.

Tabla 6-32. Pastizales: Factores de emisión aplicados por subcategoría – Categoría.

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad
4.C.1. Pastizales que permanecen como tales	MADR, FEDEGÁN y The Nature Conservancy (Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible – GCS)	Tier 2	Factores implícitos de ganancia en las reservas de carbono en biomasa	CO_2	2,6768 *	t C/ha
4.C.1. Pastizales que permanecen como tales	MADR, FEDEGÁN y The Nature Conservancy (Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible – GCS)	Tier 2	Incertidumbre inferior	CO_2	-12,5405	%
4.C.1. Pastizales que permanecen como tales	MADR, FEDEGÁN y The Nature Conservancy (Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible – GCS)	Tier 2	Incertidumbre superior	CO_2	12,5405	%
4.C.2.a. Tierras forestales convertidas a pastizales	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque núcleo – Biomasa aérea (Andina)	CO_2	143,9106	t m.s/ha
4.C.2.a. Tierras forestales convertidas a pastizales	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque núcleo – Biomasa subterránea (Andina)	CO_2	33,4313	t m.s/ha
4.C.2.a. Tierras forestales convertidas a pastizales	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque núcleo – Biomasa aérea (Caribe)	CO_2	189,5310	t m.s/ha
4.C.2.a. Tierras forestales convertidas a pastizales	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque núcleo – Biomasa subterránea (Caribe)	CO_2	42,6380	t m.s/ha
4.C.2.a. Tierras forestales convertidas a pastizales	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque núcleo – Biomasa aérea (Amazonía)	CO_2	263,6792	t m.s/ha
4.C.2.a. Tierras forestales convertidas a pastizales	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque núcleo – Biomasa subterránea (Amazonía)	CO_2	58,6792	t m.s/ha
4.C.2.a. Tierras forestales convertidas a pastizales	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque núcleo – Biomasa aérea (Pacífica)	CO_2	251,3820	t m.s/ha
4.C.2.a. Tierras forestales convertidas a pastizales	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque núcleo – Biomasa subterránea (Pacífica)	CO_2	55,6020	t m.s/ha
4.C.2.a. Tierras forestales convertidas a pastizales	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque núcleo – Biomasa aérea (Orinoquía)	CO_2	128,6364	t m.s/ha
4.C.2.a. Tierras forestales convertidas a pastizales	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque núcleo – Biomasa subterránea (Orinoquía)	CO_2	30,1007	t m.s/ha

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad
4.C.2.a. Tierras forestales convertidas a pastizales	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque borde – Biomasa aérea (Andina)	CO_2	70,5139	t m.s/ha
4.C.2.a. Tierras forestales convertidas a pastizales	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque borde – Biomasa subterránea (Andina)	CO_2	17,1678	t m.s/ha
4.C.2.a. Tierras forestales convertidas a pastizales	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque borde – Biomasa aérea (Caribe)	CO_2	68,1558	t m.s/ha
4.C.2.a. Tierras forestales convertidas a pastizales	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque borde – Biomasa subterránea (Caribe)	CO_2	16,5853	t m.s/ha
4.C.2.a. Tierras forestales convertidas a pastizales	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque borde – Biomasa aérea (Amazonía)	CO_2	150,5067	t m.s/ha
4.C.2.a. Tierras forestales convertidas a pastizales	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque borde – Biomasa subterránea (Amazonía)	CO_2	34,7725	t m.s/ha
4.C.2.a. Tierras forestales convertidas a pastizales	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque borde – Biomasa aérea (Pacífica)	CO_2	209,6425	t m.s/ha
4.C.2.a. Tierras forestales convertidas a pastizales	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque borde – Biomasa subterránea (Pacífica)	CO_2	46,8875	t m.s/ha
4.C.2.a. Tierras forestales convertidas a pastizales	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque borde – Biomasa aérea (Orinoquía)	CO_2	81,6675	t m.s/ha
4.C.2.a. Tierras forestales convertidas a pastizales	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque borde – Biomasa subterránea (Orinoquía)	CO_2	19,7124	t m.s/ha
4.C.2.b.1. Tierras de cultivo convertidas a herbazales	Pontificia Universidad Javeriana-Ecopetrol y el proyecto Biocarbono Orinoquia	Tier 2	Biomasa aérea	CO_2	1,3	t m.s/ha
4.C.2.b.1. Tierras de cultivo convertidas a herbazales	Pontificia Universidad Javeriana-Ecopetrol y el proyecto Biocarbono Orinoquia	Tier 2	Biomasa subterranea	CO_2	2,1	t m.s/ha
4.C.2.b.1. Tierras de cultivo convertidas a herbazales	Pontificia Universidad Javeriana-Ecopetrol y el proyecto Biocarbono Orinoquia	Tier 2	Suelos	CO_2	43,7	t m.s/ha

Nota: La categoría 4.C. Pastizales emplea factores de emisión y absorción específicos para Colombia cuando la información nacional se encuentra disponible. Para los depósitos de carbono y categorías en las que no existen factores específicos, se utilizan los valores por defecto recomendados en las Directrices del IPCC de 2006.

Fuente: Elaboración propia con base en el Inventario Forestal Nacional (IFN), Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC), Directrices del IPCC de 2006 e Inventario Nacional de GEI de Colombia.

6.4.3 Descripción de flexibilidad aplicada en la categoría

No se aplica a flexibilidad para esta subcategoría.

6.4.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría

Tabla 6-33. Resultados de incertidumbre (%) por propagación del error para 4.C. Pastizales

Subcategoría	Cont	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
4.C. Pastizales	Total Emisión	9,8	9,2	8,2	8,4	6,1	6,3	6,8	5,2	4,7	4,6	5,0
4.C. Pastizales	Total Absorción	NO	NO	NO	4,2	2,7	2,7	2,6	2,2	2,2	2,2	2,2
4.C.1. Pastizales que permanecen como tales	CO2	7,0	7,3	5,0	5,5	2,8	4,3	4,2	3,4	3,4	3,4	3,4
4.C.1. Pastizales que permanecen como tales	CO2_abs	NO	NO	NO	4,2	2,7	2,7	2,6	2,2	2,2	2,2	2,2
4.C.2. Tierras convertidas a pastizales	CO2	10,7	9,9	8,8	8,8	6,7	6,7	7,1	5,4	5,0	5,0	5,3
4.C.2.a. Tierras forestales convertidas a pastizales	CO2	10,7	9,9	8,8	8,9	6,7	6,7	7,1	5,4	5,0	5,0	5,3
4.C.2.b. Tierras de cultivo convertidas a pastizales	CO2	16,4	16,4	16,4	9,8	10,0	7,6	8,9	10,0	10,0	10,0	10,0
4(IV).C. Pastizales	Total Emisión	21,8	21,8	20,0	16,2	9,0	21,1	17,0	22,9	22,9	22,9	22,9
4(IV).C.1.b. Incendios forestales	CH4	30,9	30,9	28,4	23,0	12,7	30,0	24,1	32,6	32,6	32,6	32,6
4(IV).C.1.b. Incendios forestales	N2O	30,6	30,6	28,0	22,7	12,5	29,5	23,7	32,0	32,0	32,0	32,0

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 6-33 se presentan por separado los resultados de incertidumbre asociados a las emisiones y absorciones de la categoría 4.C. Pastizales durante el periodo 1990-2024. Esta separación es necesaria debido a que ambos componentes corresponden a procesos diferentes y sus incertidumbres no deben promediarse directamente.

Las emisiones presentan una incertidumbre promedio histórica de ±7,63 %. En 1990, la incertidumbre fue de ±9,84 %, mientras que en 2024 alcanzó ±5,00 %, lo que representa una reducción relativa del 49,20 %, equivalente a 4,84 puntos porcentuales.

A lo largo de la serie se observa una tendencia general decreciente, aunque con algunas fluctuaciones interanuales. La incertidumbre pasó de ±8,21 % en 2000 a ±6,11 % en 2010 y ±6,81 % en 2020. Posteriormente, disminuyó hasta alcanzar el valor mínimo de la serie en 2023, con ±4,62 %, seguido de un ligero aumento en 2024.

Para 4.C.1. Pastizales que permanecen como tales, la incertidumbre de las emisiones de CO_2 disminuyó de ±7,00 % en 1990 a ±3,40 % en 2024, equivalente a una reducción aproximada del 51,5 %. Este valor se mantuvo constante entre 2021 y 2024.

Por su parte, 4.C.2. Tierras convertidas a pastizales presentó una reducción de ±10,68 % en 1990 a ±5,28 % en 2024. Dentro de esta subcategoría, las tierras forestales convertidas a pastizales registraron una incertidumbre de ±5,29 % en 2024, mientras que las tierras de cultivo convertidas a pastizales alcanzaron ±9,96 %. Esta última presentó una disminución frente al valor de ±16,45 % registrado al inicio de la serie.

Las absorciones se reportan a partir de 2004 y corresponden a los pastizales que permanecen como tales. Para el periodo 2004-2024, la incertidumbre promedio fue de ±2,97 %. Esta disminuyó de ±5,05 % en 2004 a ±2,19 % en 2024, lo que representa una reducción relativa del 56,64 %, equivalente a 2,86 puntos porcentuales. El valor de ±2,19 % se mantuvo constante entre 2021 y 2024.

Las emisiones no-CO_2 asociadas a incendios en pastizales presentan una incertidumbre promedio histórica de ±19,81 %. La serie muestra una elevada variabilidad interanual, con un valor mínimo de ±8,97 % en 2010 y un máximo de ±28,00 % en 2016.

En 1990, la incertidumbre fue de ±21,81 %, mientras que en 2024 alcanzó ±22,90 %, lo que representa un aumento relativo del 4,99 %, equivalente a 1,09 puntos porcentuales. El valor de ±22,90 % se mantuvo constante entre 2021 y 2024.

En 2024, las incertidumbres del CH_4 y el N_2O fueron de ±32,56 % y ±31,96 %, respectivamente. La cercanía entre ambos valores se relaciona con el uso de datos de actividad comunes para la estimación de las emisiones provenientes de la quema de biomasa, aunque se emplean factores de emisión específicos para cada gas.

6.4.5 AC/CC de la categoría

6.4.6 Nuevos cálculos de la categoría

La siguiente tabla resume los recálculos de la categoría 4.C:

Tabla 6-34. Pastizales: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2) en emisiones totales y netas, 1990-2024.

Subcategoría	Reporte	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021
4.C.1. Pastizales que permanecen como tales	**BTR1**	**2.487,2**	**2.250,7**	**2.318,7**	**-265,4**	**-450,7**	**-1.629,7**	**-2.175,9**	**-3.197,3**
4.C.1. Pastizales que permanecen como tales	**BTR2**	**2.487,2**	**2.250,7**	**2.318,7**	**-265,4**	**-450,7**	**-1.629,7**	**-2.175,9**	**-3.197,3**
4.C.1. Pastizales que permanecen como tales	**Diferencia**	**-**	**-**	**-**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**
4.C.1. Pastizales que permanecen como tales	**Diferencia (%)**	**-**	**-**	**-**	**-0,0**	**-0,0**	**-0,0**	**-0,0**	**-0,0**
4.C.1. Pastizales que permanecen como tales	**Efecto en total de subcategoría 4.C (%)**	**-**	**-**	**-**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**
4.C.1. Pastizales que permanecen como tales	**Efecto en total neto de subcategoría 4.C (%)**	**-**	**-**	**-**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**
4.C.2.b.ii. Tierras de cultivo convertidas a herbazales	BTR1	-	-	-	-	-	-	-	-
4.C.2.b.ii. Tierras de cultivo convertidas a herbazales	BTR2	26,3	26,3	26,3	35,7	21,1	51,6	44,4	38,8
4.C.2.b.ii. Tierras de cultivo convertidas a herbazales	Diferencia	26,3	26,3	26,3	35,7	21,1	51,6	44,4	38,8
4.C.2.b.ii. Tierras de cultivo convertidas a herbazales	Diferencia (%)	-	-	-	-	-	-	-	-
4.C.2.b.ii. Tierras de cultivo convertidas a herbazales	Efecto en total de subcategoría 4.C.2.b (%)	-	-	-	-	-	-	-	-
4.C.2.b.ii. Tierras de cultivo convertidas a herbazales	Efecto en total neto de subcategoría 4.C.2.b (%)	-	-	-	-	-	-	-	-
4.C.2.a. Tierras forestales convertidas a pastizales	BTR1	28.452,8	31.314,3	32.639,8	34.795,4	28.980,4	26.132,6	39.234,2	40.187,2
4.C.2.a. Tierras forestales convertidas a pastizales	BTR2	28.452,8	31.314,3	32.639,8	34.795,4	28.892,8	25.987,0	39.023,7	39.965,4
4.C.2.a. Tierras forestales convertidas a pastizales	Diferencia	0,0	-	-	0,0	-87,6	-145,6	-210,6	-221,8
4.C.2.a. Tierras forestales convertidas a pastizales	Diferencia (%)	0,0	-	-	0,0	-0,3	-0,6	-0,5	-0,6
4.C.2.a. Tierras forestales convertidas a pastizales	Efecto en total de subcategoría 4.C.2 (%)	0,0	-	-	0,0	-0,3	-0,6	-0,5	-0,6
4.C.2.a. Tierras forestales convertidas a pastizales	Efecto en total neto de subcategoría 4.C.2 (%)	0,0	-	-	0,0	-0,3	-0,6	-0,5	-0,6
4.C.2.b. Tierras de cultivo convertidas a pastizales	BTR1	-	-	-	-	-	-	-	-
4.C.2.b. Tierras de cultivo convertidas a pastizales	BTR2	26,3	26,3	26,3	35,7	21,1	51,6	44,4	38,8
4.C.2.b. Tierras de cultivo convertidas a pastizales	Diferencia	26,3	26,3	26,3	35,7	21,1	51,6	44,4	38,8

Subcategoría	Reporte	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021
4.C.2.b. Tierras de cultivo convertidas a pastizales	Diferencia (%)	-	-	-	-	-	-	-	-
4.C.2.b. Tierras de cultivo convertidas a pastizales	Efecto en total de subcategoría 4.C.2 (%)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1
4.C.2.b. Tierras de cultivo convertidas a pastizales	Efecto en total neto de subcategoría 4.C.2 (%)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1
4.C.2. Tierras convertidas a pastizales	**BTR1**	**28.452,8**	**31.314,3**	**32.639,8**	**34.795,4**	**28.980,4**	**26.132,6**	**39.234,2**	**40.187,2**
4.C.2. Tierras convertidas a pastizales	**BTR2**	**28.479,1**	**31.340,5**	**32.666,0**	**34.831,0**	**28.913,9**	**26.038,6**	**39.068,1**	**40.004,2**
4.C.2. Tierras convertidas a pastizales	**Diferencia**	**26,3**	**26,3**	**26,3**	**35,7**	**-66,5**	**-94,0**	**-166,1**	**-182,9**
4.C.2. Tierras convertidas a pastizales	**Diferencia (%)**	**0,1**	**0,1**	**0,1**	**0,1**	**-0,2**	**-0,4**	**-0,4**	**-0,5**
4.C.2. Tierras convertidas a pastizales	**Efecto en total de subcategoría 4.C (%)**	**0,1**	**0,1**	**0,1**	**0,1**	**-0,2**	**-0,3**	**-0,4**	**-0,4**
4.C.2. Tierras convertidas a pastizales	**Efecto en total neto de subcategoría 4.C (%)**	**0,1**	**0,1**	**0,1**	**0,1**	**-0,2**	**-0,4**	**-0,4**	**-0,5**
4.C. Pastizales	**BTR1**	**30.940,1**	**33.565,0**	**34.958,4**	**34.529,9**	**28.529,7**	**24.502,9**	**37.058,4**	**36.989,9**
4.C. Pastizales	**BTR2**	**30.966,3**	**33.591,2**	**34.984,7**	**34.565,6**	**28.463,3**	**24.408,9**	**36.892,3**	**36.807,0**
4.C. Pastizales	**Diferencia**	**26,3**	**26,3**	**26,3**	**35,7**	**-66,5**	**-94,0**	**-166,1**	**-182,9**
4.C. Pastizales	**Diferencia (%)**	**0,1**	**0,1**	**0,1**	**0,1**	**-0,2**	**-0,4**	**-0,4**	**-0,5**
4.C. Pastizales	**Efecto en total de subcategoría 4 (%)**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**-0,1**	**-0,1**	**-0,1**	**-0,2**
4.C. Pastizales	**Efecto en total neto de subcategoría 4 (%)**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**-0,1**	**-0,2**	**-0,2**	**-0,2**
4. Silvicultura, uso y cambio de uso de la tierra	**BTR1**	**121.788,9**	**124.332,9**	**105.074,7**	**83.002,3**	**72.605,6**	**62.187,9**	**98.627,8**	**96.603,1**
4. Silvicultura, uso y cambio de uso de la tierra	**BTR2**	**120.054,1**	**122.715,8**	**103.428,2**	**81.603,3**	**70.838,1**	**60.974,4**	**97.865,7**	**97.036,3**
4. Silvicultura, uso y cambio de uso de la tierra	**Diferencia**	**-1.734,8**	**-1.617,1**	**-1.646,5**	**-1.399,0**	**-1.767,6**	**-1.213,6**	**-762,0**	**433,2**
4. Silvicultura, uso y cambio de uso de la tierra	**Diferencia (%)**	**-1,4**	**-1,3**	**-1,6**	**-1,7**	**-2,4**	**-2,0**	**-0,8**	**0,4**

Fuente: Elaboración propia

Los recálculos realizados para la categoría 4.C. Pastizales no obedecen a la modificación de las metodologías generales (ecuaciones de cálculo de emisiones y/o absorciones), las cuales continúan siendo consistentes con las Directrices del IPCC de 2006. El cambio responde principalmente a la incorporación de la subcategoría 4.C.2.b.ii. Tierras de cultivo convertidas a herbazales. Como resultado, la subcategoría 4.C.2. Tierras convertidas a pastizales presenta variaciones en sus emisiones netas que van de 0,1 % (1990) a -0,5 % (2021), en donde se evidencia el incremento 26,3 kt CO_2eq (0,1 %) para el año 1990 hasta el 2005 con el reporte de 35,7 kt CO_2eq (0,1 %). Sin embargo, contrariamente en los años 2010 a 2021 se presentó una reducción de -66,5 kt CO_2eq (-0,2 %) y -182,9 kt CO_2eq (-0,5 %) respectivamente. Este ajuste corresponde exclusivamente a la inclusión de una transición de uso de la tierra no reportada en el BTR1, lo que fortalece la exhaustividad del Inventario Nacional de GEI (INGEI) sin afectar las estimaciones de las demás subcategorías de 4.C. Pastizales.

6.4.7 Mejoras planeadas de la categoría

Las mejoras planeadas para la presente categoría 4.C. Pastizales se orientan en la transparencia, exhaustividad, comparabilidad y consistencia temporal. Estas actividades priorizadas responden a las oportunidades de mejora identificadas a partir de los procesos de control de calidad (QA/QC), análisis de incertidumbre, resultados de talleres de socialización y la revisión de la disponibilidad de información sectorial, por otra parte, las recomendaciones formuladas desde el apoyo externo como CIAT y/o taller de metano CMNUCC. Su implementación se desarrollará bajo la premisa de articulación interinstitucional asegurando la coherencia con las Directrices del IPCC. Las oportunidades de mejora específicas para esta categoría se presentan en la Tabla 6-35, en las cuales se detallan los periodos de implementación, los actores responsables y la priorización correspondiente para las diferentes subcategorías.

Tabla 6-35. Pastizales: Plan de mejora

Subcategoría	Oportunidad de mejora	Periodo	Actores	Priorización
4.C. Pastizales	Armonizar los mapas nacionales de suelos con las categorías del IPCC para identificar suelos minerales y orgánicos, y desagregarlos por tipo de cobertura de pastizales.	1990-2024	Ideam-SEA Ideam-SMByC	BTR6
4.C.1. Pastizales que permanecen como tales	Revisar las áreas históricas de sistemas silvopastoriles y establecer un monitoreo periódico en colaboración con la UPRA y el Ministerio de Agricultura.	1990-2024	Ideam-SEA Ideam-SMByC MinAgricultura Fedegán UPRA	BTR5
	Desarrollar una definición operativa para estimar las emisiones de GEI asociadas a la vegetación herbácea.	1990-2024	Ideam-SEA	BTR3
	Recopilar y analizar información sobre factores de emisión para la vegetación herbácea (manejada y natural), incluyendo biomasa aérea y subterránea, materia orgánica del suelo y DOM, para apoyar un enfoque de Nivel 2.	1990-2024	Ideam-SEA Universidades	BTR4
	Reconstruir la serie histórica (1990–2003) de áreas bajo sistemas silvopastoriles utilizando técnicas de empalme apropiadas de acuerdo con las Directrices del IPCC de 2006.	1990-2003	Ideam-SEA	BTR3
4.C.2.a. Tierras forestales convertidos en pastizales	Completar la matriz de cambio de uso del suelo para la categoría de pastizales utilizando el mapa CLC, con el fin de identificar los usos del suelo antes y después de la conversión a pastizales.	1990-2024	Ideam-SEA Ideam-SMByC	BTR3
4.C.(I), 4.C.(II) y 4.C.(III)	Compilar los datos de actividad e incluir estimaciones de emisiones de N_2O por mineralización/inmovilización, emisiones y remociones por drenaje y rehumectación, y emisiones directas de N_2O por aportes de nitrógeno en pastizales, asegurando la consistencia con la información actualmente reportada en el sector Agricultura.	1990-2024	Ideam-SEA	BTR4

Fuente: Elaboración propia

6.5 Humedales (CRT 4.D)

6.5.1 Descripción y tendencia de las emisiones y absorciones atmosféricas de la categoría

En el Inventario Nacional de GEI de Colombia esta categoría incluye las tierras inundadas que permanecen como tales (4.D.1.b) y las tierras convertidas a humedales (4.D.2), considerando las conversiones hacia tierras inundadas (4.D.2.b) y otros humedales (4.D.2.c) (IPCC, 2006, IPCC, 2019). Para el presente inventario, la categoría incorpora las subcategorías para las cuales el país dispone de información nacional suficiente, incluyendo tierras forestales convertidas a tierras inundadas (4.D.2.b.i) y tierras de cultivo convertidas a otros humedales (4.D.2.c.ii.1). Asimismo, se mantienen las subcategorías de reporte establecidas en las Directrices del IPCC de 2006, las cuales se reportan mediante las claves de notación correspondientes cuando no aplican o no se dispone de información suficiente para su estimación, garantizando la exhaustividad del reporte de la categoría 4.D. Humedales (Ideam, 2024; IPCC, 2006a; UNFCCC, 2024).

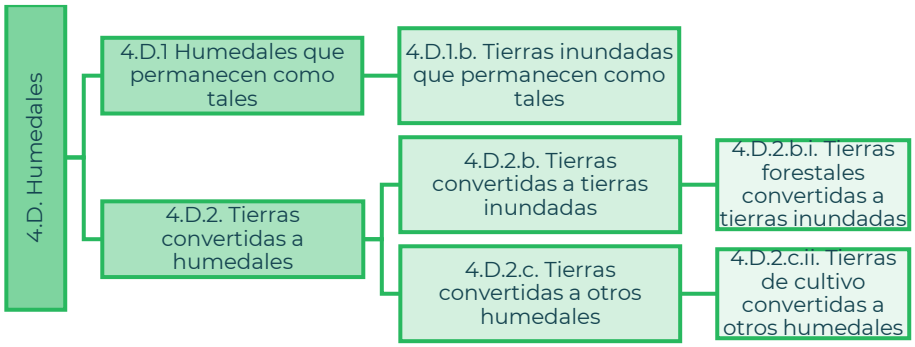


Figura 6-14. Humedales: Estructura de la categoría 4.D. Humedales y subcategorías consideradas en el Inventario Nacional de GEI.

Nota: La categoría 4.D comprende los humedales que permanecen como tales (4.D.1) y las tierras convertidas a humedales (4.D.2), incluyendo las subcategorías para las cuales Colombia dispone de información de actividad y metodologías de estimación.

Fuente: Elaboración propia

La Figura 6-14 presenta la estructura de la categoría 4.D. Humedales y las subcategorías consideradas en el Inventario Nacional de GEI. La categoría comprende los humedales que permanecen como tales (4.D.1), representados principalmente por las tierras inundadas destinadas a generación hidroeléctrica, y las tierras convertidas a humedales (4.D.2), que incluyen las conversiones de tierras forestales a tierras inundadas y de tierras de cultivo a otros humedales. Esta estructura corresponde a las categorías de reporte establecidas en las Directrices del IPCC de 2006 (IPCC, 2006b) y constituye la base para la estimación de las emisiones y absorciones de CO_2 asociadas a los cambios en las existencias de carbono de la biomasa y los suelos.

La tendencia de emisiones netas para esta categoría. En el periodo 1990–2024, las emisiones netas de la categoría incrementaron de 986,9 kt CO_2eq a 1.177,0 kt CO_2eq, oscilan entre absorciones -3,3 kt CO_2eq a -219,0 kt CO_2eq, así mismo se registran emisiones que varían entre 990,2 kt CO_2eq a 1396,0 kt CO_2eq. Esta tendencia refleja principalmente el aumento progresivo de las emisiones derivadas de las tierras forestales convertidas a tierras inundadas, en su mayoría, a la generación hidroeléctrica. En contraste, las tierras de cultivo convertidas a otros humedales mantuvieron absorciones de CO_2 a lo largo de la serie, contribuyendo a reducir parcialmente el balance neto de emisiones de la categoría.

En 2024, las emisiones netas de la categoría alcanzaron 1.177,0 kt CO_2eq, lo que representa una disminución del 28,7 % con respecto a 2021 (1.650,7 kt CO_2eq). En la Figura 6-15 presenta la evolución de las emisiones y absorciones de GEI de la categoría 4.D. Humedales durante el periodo 1990–2024, así como la participación de las principales subcategorías en el balance neto de emisiones para 2024. Se observa que las tierras convertidas a humedales (4.D.2) concentraron el 88,3 % de las emisiones de la categoría, mientras que los humedales que permanecen como tales (4.D.1) representaron el 11,7 % restante. Dentro de las tierras convertidas a humedales, la subcategoría 4.D.2.b.i. Tierras forestales convertidas a tierras inundadas aportó el 82,7 % de las emisiones en esta categoría, mientras que la subcategoría 4.D.2.c.ii. Tierras de cultivo convertidas a otros humedales representa el 100 % de las absorciones equivalentes a −219,0 kt CO_2eq, reduciendo parcialmente el balance neto de emisiones. La figura evidencia además que la variación temporal de la categoría está determinada principalmente por el comportamiento de las áreas de tierras forestales convertidas a tierras inundadas,

mientras que las demás subcategorías presentan contribuciones relativamente menores durante toda la serie histórica.

Tabla 6-36. Humedales: Emisiones y absorciones de GEI por categoría y subcategoría (kt CO_2eq)

Subcategoría	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
4.D.1 Humedales que permanecen como tales	100,0	101,6	87,8	94,9	19,9	29,2	143,8	156,7	139,1	147,8	137,4
4.D.1.b. Tierras inundadas que permanecen como tales	100,0	101,6	87,8	94,9	19,9	29,2	143,8	156,7	139,1	147,8	137,4
4.D.2. Tierras convertidas a humedales	886,9	966,0	853,1	2.367,3	2.296,0	832,8	1.480,2	1.493,9	1.416,2	991,8	1.039,6
4.D.2.b. Tierras convertidas a tierras inundadas	888,7	967,8	854,9	2.376,2	2.324,2	877,1	1.546,8	1.585,8	1.531,6	1.107,3	1.155,0
4.D.2.b.i. Tierras forestales convertidas a tierras inundadas	888,7	967,8	854,9	2.376,2	2.324,2	877,1	1.546,8	1.585,8	1.531,6	1.107,3	1.155,0
4.D.2.c. Tierras convertidas a otros humedales	-1,8	-1,8	-1,8	-8,9	-28,2	-44,3	-66,6	-91,9	-115,4	-115,4	-115,4
4.D.2.c.ii. Tierras de cultivo convertidas a otros humedales	-1,8	-1,8	-1,8	-8,9	-28,2	-44,3	-66,6	-91,9	-115,4	-115,4	-115,4
4.D. Humedales	**986,9**	**1.067,6**	**941,0**	**2.462,2**	**2.315,9**	**862,1**	**1.624,0**	**1.650,7**	**1.555,3**	**1.139,7**	**1.177,0**

Nota: Los valores negativos corresponden a absorciones netas de CO_2.

Fuente: Elaboración propia con base en el Inventario Nacional de GEI de Colombia, categoría 4.D. Humedales.

La Tabla 6-36 presenta las emisiones y absorciones de GEI de la categoría 4.D. Humedales para los años seleccionados de la serie temporal 1990–2024, desagregadas por categoría y subcategoría. Los resultados muestran la evolución de las emisiones y absorciones asociadas a los humedales que permanecen como tales y a las tierras convertidas a humedales, permitiendo identificar la contribución de las diferentes transiciones de uso de la tierra al balance neto de CO_2 de la categoría.

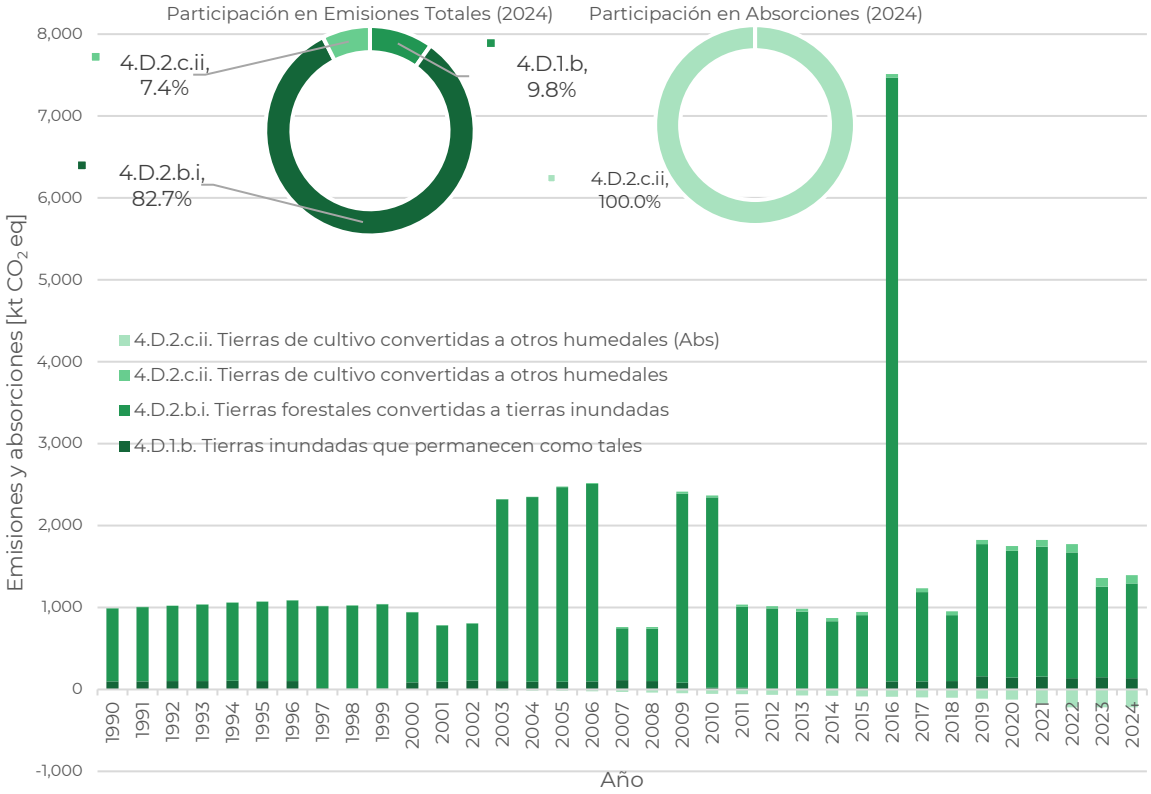


Figura 6-15. Humedales: Emisiones y absorciones de GEI por subcategoría, 1990–2024.

Nota: La figura presenta la evolución temporal de las emisiones y absorciones de CO_2 de las principales subcategorías de la categoría 4.D. Humedales, así como su participación en el balance neto de emisiones para el año 2024.

Fuente: Elaboración propia

La categoría 4.D. Humedales únicamente comprende la estimación de emisiones y absorciones de CO_2 asociadas a los cambios en las existencias de carbono de la biomasa viva, la materia orgánica muerta y el carbono orgánico del suelo derivados de la permanencia y conversión de humedales. En consecuencia, no aplica la estimación emisiones de N_2O, HFC, PFC, SF_6 ni NF_3 para esta categoría. Las emisiones de CH_4 se estiman en la subcategoría 4(II).D.1.b del presente capitulo por tanto la notación utilizada corresponde IE (IPCC, 2006).

La Tabla 6-37 presenta las emisiones totales de GEI de la categoría 4.D. Humedales para el periodo 1990–2024, desagregadas por gas. Los resultados muestran que el CO_2 constituye el único gas reportado para esta categoría, mientras que los demás gases se presentan mediante las claves de notación correspondientes.

Tabla 6-37. Humedales: Emisiones totales de GEI (kt CO_2eq)

GEI	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
CO_2	986,9	1.067,6	941,0	2.462,2	2.315,9	862,1	1.624,0	1.650,7	1.555,3	1.139,7	1.177,0
CH_4	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
N_2O	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
HFC	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
PFC	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
SF_6	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
NF_3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Total	**986,9**	**1.067,6**	**941,0**	**2.462,2**	**2.315,9**	**862,1**	**1.624,0**	**1.650,7**	**1.555,3**	**1.139,7**	**1.177,0**

Nota: Para esta categoría únicamente se estiman emisiones y absorciones de CO_2. Las emisiones y absorciones de CH_4 se estimaron en la subcategoría 4(II).D.1.b del presente capitulo.

Fuente: Elaboración propia

Para la categoría 4.D. Humedales aplica la estimación de emisiones de carbono negro (CN) ni contaminantes criterio (CR), dado que las metodologías aplicadas se limitan a la estimación de las emisiones y absorciones de CO_2 asociadas a los cambios en las existencias de carbono de la biomasa viva, la biomasa muerta, la materia orgánica muerta y el carbono orgánico del suelo, de conformidad con las Directrices del IPCC de 2006 (IPCC, 2006b). Las emisiones de carbono negro y contaminantes criterio asociadas a la quema de biomasa en humedales se estiman y reportan de manera independiente en la categoría 4(IV). Quema de biomasa (EEA, 2019). En consecuencia, estas sustancias se reportan mediante las claves de notación correspondientes en las Tablas Comunes de Reporte (CRT) (UNFCCC, 2024).

6.5.2 Aspectos metodológicos de la categoría

Las estimaciones de emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero (GEI) para la categoría 4.D. Humedales se realizaron de conformidad con las Directrices del IPCC de 2006, Volumen 4 Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra (AFOLU), Capítulo 7, aplicando los métodos recomendados para estimar los cambios en las existencias de carbono de la biomasa viva, la materia orgánica muerta y el carbono orgánico del suelo asociados a los humedales. La categoría comprende las subcategorías 4.D.1. Humedales que permanecen como tales y 4.D.2. Tierras convertidas a humedales, para las cuales se estiman los cambios en las existencias de carbono derivados de la permanencia y conversión de diferentes categorías de uso de la tierra hacia humedales.

Para la subcategoría 4.D.1.b. Tierras inundadas que permanecen como tales, las estimaciones consideran los cambios en las existencias de carbono asociados al establecimiento y permanencia de áreas inundadas, principalmente embalses destinados a la generación hidroeléctrica, utilizando información nacional proveniente del Ministerio de Minas y Energía y demás fuentes oficiales empleadas en el Inventario Nacional de GEI.

Para la subcategoría 4.D.2. Tierras convertidas a humedales, las estimaciones se realizaron mediante el enfoque de pérdidas y ganancias recomendado por las Directrices del IPCC de 2006, considerando los cambios en las existencias de carbono de la biomasa viva, la materia orgánica muerta y el carbono orgánico del suelo derivados de la conversión de tierras forestales y tierras de cultivo hacia humedales.

Los cálculos fueron desarrollados mediante las hojas de estimación del Inventario Nacional de GEI, integrando información proveniente del Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC) (Ideam, 2021d), el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (IGAC, 2014), el Ideam, el Ministerio de Minas y Energía y demás fuentes oficiales utilizadas para la elaboración del inventario (Ideam, 2021).

La Tabla 6-38 presenta los métodos de estimación, niveles metodológicos (Tier), ecuaciones y fuentes empleadas para la estimación de las emisiones y absorciones de GEI en la categoría 4.D. Humedales. Las metodologías aplicadas permiten estimar las emisiones y absorciones de la categoría 4.D. Humedales de manera consistente a lo largo de la serie temporal, garantizando la comparabilidad, transparencia y coherencia metodológica del Inventario Nacional de GEI, de conformidad con las Directrices del IPCC de 2006 (IPCC, 2006b).

Tabla 6-38. Humedales: Aspectos metodológicos para la estimación de GEI.

Subcategoría	Contaminante	Nivel (Tier)	No. ecuación	Ecuación	Fuente
4.D.1.b. Tierras inundadas que permanecen como tales	CO_2	2	V. 4, Ch. 2 y 3 Ec. 2a.1, 3a.1	$GEI_{\text{emisiones tierra inund}} = P*E\,(GEI\ EQ)_{diff}*A_{\text{total inund}}\ f_A * 10^{-6}$ Dónde: $GEI_{\text{emisiones tierra inund}}$= total de emisiones de GEI desde la tierra convertida a tierra inundada, Gg GEI/año P= número de días sin cobertura de hielo durante un año, días/año. $E(GEI)_{diff}$= promedio diario de emisiones por difusión, kg GEI/ha.día. $A_{total\ inund}$= área total de la superficie del reservorio, incluyendo tierras inundadas, lagos y ríos, ha F_A = fracción del área total del reservorio que fue inundada durante los últimos 10 años.	IPCC,2006
4.D.2.b.i. Tierras forestales convertidas a tierras inundadas	CO_2	2	V. 4, Ch.2, Ec. 2i.15, 2.16, 2.18 y 2.25	$\Delta C_B = \Delta C_G + \Delta\text{Conversión} - \Delta C_L$ Dónde: ΔC_B = Variación anual de las reservas de carbono de la biomasa t C/año ΔC_G = Aumento anual de las reservas de carbono de la biomasa t C/año	IPCC,2006

Subcategoría	Contaminante	Nivel (Tier)	No. ecuación	Ecuación	Fuente
				ΔC_L = Disminución anual de las reservas de carbono de la biomasa. t C/año $\Delta C_{conversión} = \Sigma \left((B_{después} - B_{antes}) * \Delta A_{otras} \right) * CF$ Dónde: $B_{después}$= Existencia de biomasa en tipo tierra i antes de la conversión. t.d.m/ha B_{antes}= Existencia de biomasa en tipo tierra i antes de la conversión. t.d.m/ha ΔA_{otras}= Superficie de uso de la tierra i convertida a otra categoría de uso. t.d.m/ha CF =Fracción de carbono de la materia seca. t C/(t m.s) $\Delta C_{DOM} = A * ((DOM_{in} - DOM_{out}) * CF)$ Donde: ΔC_{DOM} = cambio anual en las existencias de carbono de los depósitos de madera muerta/hojarasca. t C/año A = superficie de tierra gestionada. ha DOM_{in} = transferencia anual promedio de biomasa al depósito de madera muerta/hojarasca debido a procesos y perturbaciones anuales. t d.m/ha.año. DOM_{out} = pérdida de carbono promedio anual por descomposición y perturbaciones procedente de depósitos de madera muerta o de hojarasca. t.d.m/ha.año CF = fracción de carbono de materia seca. t.C/(t d.m.) $\Delta C_{Minerales} = ((SOC_0 - SOC_{(0-T)})/D)$ Dónde: SOC_0= Existencia de carbono orgánico en suelos en el último año de un periodo en el inventario. t.C SOC_{0-T}= Existencia de carbono orgánico en suelos al comienzo de un periodo en el inventario. t.C D= Cantidad de tiempo de un periodo dado $SOC = \Sigma (SOC_{REF} * F_{LU} * F_{MG} * F_I * A)$ Dónde: F_{LU}= Factor de cambio de existencias para sistemas de uso de la tierra. F_{MG}= Factor de cambio de existencias para regímenes de gestión. F_{LU}= Factor de cambio de existencias para el aporte de materia orgánica.	
4.D.2.c.ii. Tierras de cultivo convertidas a otros humedales	CO_2	2	V. 4, Ch.2, Ec. 2.16, 2.18 y 2.25	$\Delta C_{conversión} = \Sigma \left((B_{después} - B_{antes}) * \Delta A_{otras} \right) * CF$ Dónde: $B_{después}$= Existencia de biomasa en tipo tierra i antes de la conversión. t.d.m/ha B_{antes}= Existencia de biomasa en tipo tierra i antes de la conversión. t.d.m/ha ΔA_{otras}= Superficie de uso de la tierra i convertida a otra categoría de uso. ha/año CF =Fracción de carbono de la materia seca. t C (t m.s)$^{-1}$ $\Delta C_{DOM} = A * ((DOM_{in} - DOM_{out}) * CF)$ Donde: ΔC_{DOM} = cambio anual en las existencias de carbono de los depósitos de madera muerta/hojarasca. t C/año A = superficie de tierra gestionada. ha DOM_{in} = transferencia anual promedio de biomasa al depósito de madera muerta/hojarasca debido a procesos y perturbaciones anuales. t d.m/ha.año. DOM_{out} = pérdida de carbono promedio anual por descomposición y perturbaciones procedente de	IPCC,2006

Subcategoría	Contaminante	Nivel (Tier)	No. ecuación	Ecuación	Fuente
				depósitos de madera muerta o de hojarasca. t d.m/ha.año *CF* = fracción de carbono de materia seca. t.C (t d.m.)$^{-1}$ $$\Delta C_{Minerales} = \left((SOC_0 - SOC_{(0-T)})/D\right)$$ Dónde: $SOC_{0=}$ Existencia de carbono orgánico en suelos en el último año de un periodo en el inventario. t.C $SOC_{0-T=}$ Existencia de carbono orgánico en suelos al comienzo de un periodo en el inventario. t.C $D_=$ Cantidad de tiempo de un periodo dado $$SOC = \Sigma\,(SOC_{REF} * F_{LU} * F_{MG} * F_I * A)$$ Dónde: $F_{LU=}$ Factor de cambio de existencias para sistemas de uso de la tierra. $F_{MG=}$ Factor de cambio de existencias para regímenes de gestión. $F_{LU=}$ Factor de cambio de existencias para el aporte de materia orgánica.	

Nota: Para la categoría 4.D. Humedales únicamente se estiman emisiones y absorciones de CO_2 asociadas a los cambios en las existencias de carbono de la biomasa viva, la materia orgánica muerta y el carbono orgánico del suelo.

Fuente: Elaboración propia

6.5.2.1 Datos de actividad de la categoría

Los datos de actividad utilizados en la categoría 4.D. Humedales representan las superficies asociadas a la permanencia de tierras inundadas y a las transiciones de uso de la tierra hacia humedales. Estos datos constituyen la base para estimar los cambios en las existencias de carbono de la biomasa viva, la materia orgánica muerta y el carbono orgánico del suelo considerados en la categoría. La información proviene de fuentes oficiales nacionales y fue armonizada para garantizar la consistencia metodológica y temporal del Inventario Nacional de GEI (Ideam, 2021). Los datos de actividad corresponden a las superficies (ha) asociadas a las transiciones de uso de la tierra hacia humedales, obtenidas a partir de las matrices nacionales de cambio de uso de la tierra elaboradas para el Inventario Nacional de GEI, garantizando la consistencia de la serie temporal 1990–2024.

Para la subcategoría 4.D.1.b. Tierras inundadas que permanecen como tales, los datos de actividad corresponden a las superficies ocupadas por embalses y otras áreas inundadas permanentes destinadas principalmente a la generación hidroeléctrica, consolidadas a partir de registros oficiales y bases cartográficas nacionales. Para la subcategoría 4.D.2.b.i. Tierras forestales convertidas a tierras inundadas, los datos de actividad corresponden a las superficies de bosque natural convertidas a áreas inundadas, identificadas mediante los análisis multitemporales desarrollados por el Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC)(Ideam, 2021). Para la subcategoría 4.D.2.c.ii.1. Tierras de cultivo convertidas a humedales de tierras bajas y medias, los datos de actividad corresponden a las superficies de tierras de cultivo convertidas a humedales, obtenidas a partir de la armonización de las coberturas nacionales de uso de la tierra y de los análisis de cambio de cobertura realizados para el Inventario Nacional de GEI.

Con el propósito de garantizar la coherencia de la serie temporal 1990–2024, los datos de actividad fueron integrados y armonizados a partir de información proveniente del Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC), el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), el Ideam, el Ministerio de Minas y Energía y demás fuentes oficiales empleadas en la elaboración del Inventario Nacional de GEI (Ideam, 2021, Ideam, 2024; IGAC, 2014). La Tabla 6-39 resume las principales fuentes de datos de actividad utilizadas para la estimación de las emisiones y absorciones de GEI en la categoría 4.D. Humedales, indicando el tipo de información, la institución responsable y la forma en que dichos datos fueron incorporados en la estimación de las diferentes subcategorías.

Tabla 6-39. Humedales: Fuentes de datos de actividad utilizadas para la estimación de las emisiones y absorciones de GEI.

Subcategoría	Dato de actividad	Periodo	Fuente de información	Comentarios
4.D.1.b. Tierras inundadas que permanecen como tales	Área de embalses y otras superficies inundadas (ha)	1990–2024	Ministerio de Minas y Energía; UPME; Ideam	Información oficial armonizada para el inventario.

Subcategoría	Dato de actividad	Periodo	Fuente de información	Comentarios
4.D.2.b.i. Tierras forestales convertidas a tierras inundadas	Superficie de cambio de uso de la tierra (ha)	1990–2024	SMByC – Ideam	Áreas de conversión utilizadas para la estimación de cambios en las existencias de carbono.
4.D.2.c.ii. Tierras de cultivo convertidas a otros humedales	Superficie de cambio de uso de la tierra (ha)	1990–2024	SMByC – Ideam	Áreas identificadas mediante matrices de cambio de uso de la tierra basado en el uso de los mapas de coberturas de la tierra bajo la metodología CORINE Land Cover (CLC)

Fuente: Elaboración propia con base en el Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC), Ministerio de Minas y Energía, UPME, Ideam e Inventario Nacional de GEI de Colombia.

La Tabla 6-40 presenta los datos de actividad utilizados para la estimación de las emisiones y absorciones de GEI de la categoría 4.D. Humedales durante el periodo 1990–2024. Los valores corresponden a las variables de entrada empleadas directamente en las bases de cálculo del Inventario Nacional de GEI para las subcategorías 4.D.1.b. Tierras inundadas que permanecen como tales y 4.D.2.b.i. Tierras forestales convertidas a tierras inundadas, incluyendo la superficie inundada de humedales, las áreas de bosque natural (bosque núcleo y bosque borde) y las fracciones de área convertidas a cuerpos de agua y vegetación de pantano utilizadas en la estimación de los cambios en las existencias de carbono (Ideam, 2024).

Tabla 6-40. Humedales: Datos de actividad utilizados para la estimación de las emisiones y absorciones de GEI, 1990–2024

Año	4.D.1.b. Tierras inundadas que permanecen como tales		4.D.2.b.i. Tierras forestales convertidas a tierras inundadas						4.D.2.c.ii Tierras de cultivo convertidas a otros humedales	
	Área inundada de humedales ha	Fracción de área inundada Porcentaje (decimal)	Área de bosque natural (borde) ha	Área de bosque natural (núcleo) ha	Fracción de área de bosque natural (borde) convertida a cuerpos de agua Porcentaje (decimal)	Fracción de área de bosque natural (borde) convertida a vegetación de pantano Porcentaje (decimal)	Fracción de área de bosque natural (núcleo) convertida a cuerpos de agua Porcentaje (decimal)	Fracción de área de bosque natural (núcleo) convertida a vegetación de pantano Porcentaje (decimal)	Área de cultivos convertidos a humedales de tierras bajas y medias	Área de cultivos convertidos a humedales costeros
1990	11.228,0	3,17	405.149,6	125.732,4	0,062	0,0077	0,0622	0,0077	700	NE
1991	11.228,0	3,06	405.149,6	125.732,4	0,062	0,0077	0,0622	0,0077	700	NE
1992	12.675,7	4,48	405.149,6	125.732,4	0,062	0,0077	0,0622	0,0077	700	NE
1993	12.675,7	4,59	405.149,6	125.732,4	0,062	0,0077	0,0622	0,0077	700	NE
1994	13.890,7	5,64	405.149,6	125.732,4	0,062	0,0077	0,0622	0,0077	700	NE
1995	11.859,7	4,87	405.149,6	125.732,4	0,062	0,0077	0,0622	0,0077	700	NE
1996	11.859,7	4,97	405.149,6	125.732,4	0,062	0,0077	0,0622	0,0077	700	NE
1997	3.399,7	3,35	405.149,6	125.732,4	0,062	0,0077	0,0622	0,0077	700	NE
1998	2.662,7	2,52	405.149,6	125.732,4	0,062	0,0077	0,0622	0,0077	700	NE
1999	2.662,7	2,52	405.149,6	125.732,4	0,062	0,0077	0,0622	0,0077	700	NE
2000	10.017,7	3,21	300.737,0	99.823,3	0,042	0,0203	0,0421	0,0203	700	NE
2001	11.002,7	4,20	196.324,4	73.914,1	0,022	0,0330	0,0221	0,0330	700	NE
2002	10.756,0	3,43	196.324,4	73.914,1	0,022	0,0330	0,0221	0,0330	700	NE
2003	10.757,0	3,12	264.527,6	93.675,7	0,028	0,1720	0,0284	0,1720	700	NE
2004	9.540,0	2,14	264.527,6	93.675,7	0,028	0,1720	0,0284	0,1720	700	NE
2005	9.540,0	2,24	201.632,9	75.514,1	0,041	0,1494	0,0412	0,1494	700	NE
2006	9.540,0	2,15	201.632,9	75.514,1	0,041	0,1494	0,0412	0,1494	1.527	NE
2007	9.540,0	2,35	205.772,1	74.470,1	0,017	0,0169	0,0167	0,0169	1.527	NE
2008	9.540,0	2,36	205.772,1	74.470,1	0,017	0,0169	0,0167	0,0169	1.527	NE
2009	9.540,0	2,05	175.449,1	65.583,9	0,040	0,0988	0,0398	0,0988	1.527	NE

Año	4.D.1.b. Tierras inundadas que permanecen como tales		4.D.2.b.i. Tierras forestales convertidas a tierras inundadas						4.D.2.c.ii Tierras de cultivo convertidas a otros humedales	
	Área inundada de humedales ha	Fracción de área inundada Porcentaje (decimal)	Área de bosque natural (borde) ha	Área de bosque natural (núcleo) ha	Fracción de área de bosque natural (borde) convertida a cuerpos de agua Porcentaje (decimal)	Fracción de área de bosque natural (borde) convertida a vegetación de pantano Porcentaje (decimal)	Fracción de área de bosque natural (núcleo) convertida a cuerpos de agua Porcentaje (decimal)	Fracción de área de bosque natural (núcleo) convertida a vegetación de pantano Porcentaje (decimal)	Área de cultivos convertidos a humedales de tierras bajas y medias	Área de cultivos convertidos a humedales costeros
2010	2.631,0	2,38	175.449,1	65.583,9	0,040	0,0988	0,0398	0,0988	1.527	NE
2011	1.646,0	1,72	199.156,3	80.388,5	0,039	0,0535	0,0390	0,0535	1.266	1
2012	446,0	0,71	199.156,3	80.388,5	0,039	0,0535	0,0390	0,0535	1.266	1
2013	446,0	0,79	186.943,9	45.309,9	0,022	0,2170	0,0220	0,2170	1.266	1
2014	446,0	0,79	217.402,2	57.221,7	0,034	0,0463	0,0336	0,0463	1.266	1
2015	14.229,0	1,73	194.566,5	53.102,5	0,028	0,0996	0,0285	0,0996	1.266	1
2016	14.229,0	2,33	265.735,3	89.740,1	0,023	0,5606	0,0233	0,5606	1.266	1
2017	14.229,0	2,33	303.973,5	135.001,9	0,019	0,0913	0,0192	0,0913	1.266	1
2018	14.229,0	2,37	263.518,8	130.691,4	0,020	0,0309	0,0203	0,0309	1.266	1
2019	18.006,7	3,35	216.858,0	100.821,9	0,024	0,1743	0,0245	0,1743	2.491	1
2020	17.560,7	2,39	227.021,7	116.282,2	0,024	0,1743	0,0245	0,1743	2.491	1
2021	17.560,7	2,47	229.722,2	118.413,8	0,024	0,1743	0,0245	0,1743	9.984	1
2022	17.560,7	2,35	172.865,1	74.039,6	0,024	0,1743	0,0245	0,1743	9.984	1
2023	17.560,7	2,43	109.563,2	48.949,5	0,024	0,1743	0,0245	0,1743	9.984	1
2024	10.682,7	1,60	152.221,4	74.994,4	0,024	0,1743	0,0245	0,1743	9.984	1

Nota: Los valores corresponden a los datos de actividad utilizados como variables de entrada para la estimación de las emisiones y absorciones de GEI de la categoría 4.D. Humedales durante el periodo 1990–2024. Los datos incluyen la superficie inundada de humedales, las áreas de bosque natural (bosque núcleo y bosque borde) y las fracciones de área convertidas a cuerpos de agua y vegetación de pantano empleadas en las bases de cálculo del Inventario Nacional de GEI. Para la subcategoría 4.D.2.c.ii.1 Tierras de cultivo convertidas a humedales costeros el dato de actividad correspondiente a los años 1990 a 2011 no se estimó (NE) debido que la fuente de información de acuerdo con la metodológica establecida en el transcurso de esos años, no permitió determinar el cambio.

Fuente: Elaboración propia con base en el Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC), el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), el Ministerio de Minas y Energía y el Inventario Nacional de GEI de Colombia.

6.5.2.2 Factores de emisión aplicados en la categoría

Los factores de emisión y absorción utilizados para la estimación de las emisiones y absorciones de GEI en la categoría 4.D. Humedales corresponden a factores específicos para Colombia cuando se dispone de información nacional para los diferentes reservorios de carbono y, cuando esta no está disponible, a factores por defecto recomendados por las Directrices del IPCC de 2006 (IPCC, 2006a). La selección de los factores respondió al nivel metodológico aplicado, al tipo de reservorio de carbono considerado y a la disponibilidad de información nacional para cada subcategoría.Cuando no se dispone de factores específicos para el país, se emplean los factores por defecto recomendados por las Directrices del IPCC de 2006, garantizando la consistencia metodológica entre las diferentes subcategorías de humedales (Ideam, 2024; IPCC, 2006b).

Los factores utilizados representan los cambios en las existencias de carbono de la biomasa viva, la materia orgánica muerta y el carbono orgánico del suelo asociados a las tierras inundadas que permanecen como tales y a las diferentes conversiones de uso de la tierra hacia humedales consideradas en el inventario. Estos factores fueron seleccionados de acuerdo con las características de cada reservorio y el nivel metodológico aplicado para las diferentes subcategorías de la categoría 4.D.

La Tabla 6-41 presenta los factores de emisión y absorción utilizados para la estimación de las emisiones y absorciones de GEI en la categoría 4.D. Humedales, indicando el depósito de carbono considerado, el tipo de factor aplicado, el nivel metodológico (Tier) y la fuente de información utilizada para cada subcategoría.

Tabla 6-41. Humedales: Factores de emisión y absorción utilizados para la estimación de GEI.

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad
4.D.1.b. Tierras inundadas que permanecen como tales	IPPC, 2006, V.4, Ch, 2 y 3. IPCC, 2013 (Suplemento)	Tier 1	Factor de emisión de CO_2 por difusión – Clima templado cálido húmedo	CO_2	8,1	kg CO_2.ha/día
4.D.1.b. Tierras inundadas que permanecen como tales	IPPC, 2006, V.4, Ch, 2 y 3. IPCC, 2013 (Suplemento)	Tier 1	Factor de emisión de CO_2 por difusión – Clima templado cálido seco	CO_2	5,2	kg CO_2.ha/día
4.D.1.b. Tierras inundadas que permanecen como tales	IPPC, 2006, V.4, Ch, 2 y 3. IPCC, 2013 (Suplemento)	Tier 1	Factor de emisión de CO_2 por difusión – Clima tropical muy húmedo	CO_2	44,9	kg CO_2.ha/día
4.D.1.b. Tierras inundadas que permanecen como tales	IPPC, 2006, V.4, Ch, 2 y 3. IPCC, 2013 (Suplemento)	Tier 1	Factor de emisión de CO_2 por difusión – Clima tropical seco	CO_2	39,1	kg CO_2.ha/día
4.D.1.b. Tierras inundadas que permanecen como tales	IPPC, 2006, V.4, Ch, 2 y 3. IPCC, 2013 (Suplemento)	Tier 1	Días sin hielo	CO_2	365	día
4.D.1.b. Tierras inundadas que permanecen como tales	Sistema Internacional de Unidades (SI)	Tier 1	Factor de conversión kg–kt	CO_2	0,000001	Adimensional
4.D.2.b.i. Tierras forestales convertidas a tierras inundadas	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque núcleo – Biomasa aérea (Andina)	CO_2	143,9106	t m.s/ha
4.D.2.b.i. Tierras forestales convertidas a tierras inundadas	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque núcleo – Biomasa subterránea (Andina)	CO_2	33,4313	t m.s/ha
4.D.2.b.i. Tierras forestales convertidas a tierras inundadas	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque borde – Biomasa aérea (Andina)	CO_2	70,5139	t m.s/ha
4.D.2.b.i. Tierras forestales convertidas a tierras inundadas	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque borde – Biomasa subterránea (Andina)	CO_2	17,1678	t m.s/ha
4.D.2.b.i. Tierras forestales convertidas a tierras inundadas	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque núcleo – Biomasa aérea (Caribe)	CO_2	189,5310	t m.s/ha
4.D.2.b.i. Tierras forestales convertidas a tierras inundadas	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque núcleo – Biomasa subterránea (Caribe)	CO_2	42,6380	t m.s/ha
4.D.2.b.i. Tierras forestales convertidas a tierras inundadas	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque borde – Biomasa aérea (Caribe)	CO_2	68,1558	t m.s/ha
4.D.2.b.i. Tierras forestales convertidas a tierras inundadas	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque borde – Biomasa subterránea (Caribe)	CO_2	16,5853	t m.s/ha

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad
4.D.2.b.i. Tierras forestales convertidas a tierras inundadas	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque núcleo – Biomasa aérea (Amazonía)	CO_2	263,6792	t m.s/ha
4.D.2.b.i. Tierras forestales convertidas a tierras inundadas	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque núcleo – Biomasa subterránea (Amazonía)	CO_2	58,6792	t m.s/ha
4.D.2.b.i. Tierras forestales convertidas a tierras inundadas	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque borde – Biomasa aérea (Amazonía)	CO_2	150,5067	t m.s/ha
4.D.2.b.i. Tierras forestales convertidas a tierras inundadas	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque borde – Biomasa subterránea (Amazonía)	CO_2	34,7725	t m.s/ha
4.D.2.b.i. Tierras forestales convertidas a tierras inundadas	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque núcleo – Biomasa aérea (Pacífica)	CO_2	251,3820	t m.s/ha
4.D.2.b.i. Tierras forestales convertidas a tierras inundadas	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque núcleo – Biomasa subterránea (Pacífica)	CO_2	55,6020	t m.s/ha
4.D.2.b.i. Tierras forestales convertidas a tierras inundadas	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque borde – Biomasa aérea (Pacífica)	CO_2	209,6425	t m.s/ha
4.D.2.b.i. Tierras forestales convertidas a tierras inundadas	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque borde – Biomasa subterránea (Pacífica)	CO_2	46,8875	t m.s/ha
4.D.2.b.i. Tierras forestales convertidas a tierras inundadas	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque núcleo – Biomasa aérea (Orinoquía)	CO_2	128,6364	t m.s/ha
4.D.2.b.i. Tierras forestales convertidas a tierras inundadas	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque núcleo – Biomasa subterránea (Orinoquía)	CO_2	30,1007	t m.s/ha
4.D.2.b.i. Tierras forestales convertidas a tierras inundadas	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque borde – Biomasa aérea (Orinoquía)	CO_2	81,6675	t m.s/ha
4.D.2.b.i. Tierras forestales convertidas a tierras inundadas	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque borde – Biomasa subterránea (Orinoquía)	CO_2	19,7124	t m.s/ha
4.D.2.b.i. Tierras forestales convertidas a tierras inundadas	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	MOM – Detritos finos de madera (Andina)	CO_2	1,6533	t m.s/ha
4.D.2.b.i. Tierras forestales convertidas a tierras inundadas	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	MOM – Detritos gruesos de madera (Andina)	CO_2	0,6227	t m.s/ha
4.D..2.c.ii.1. Tierras de cultivos convertidas a humedales de tierras bajas y medias	Proyecto CO_2 Humedales liderado por Fundación Natura-Ecopetrol, Pontificia Universidad Javeriana – Ecopetrol	Tier 2	Biomasa aérea	CO_2	25,04	t m.s/ha
4.D..2.c.ii.1. Tierras de cultivos	Proyecto CO_2 Humedales liderado	Tier 2	MOM	CO_2	8,98	t m.s/ha

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad
convertidas a humedales de tierras bajas y medias	por Fundación Natura-Ecopetrol, Pontificia Universidad Javeriana – Ecopetrol					
4.D..2.c.ii.1. Tierras de cultivos convertidas a humedales de tierras bajas y medias	Proyecto CO_2 Humedales liderado por Fundación Natura-Ecopetrol, Pontificia Universidad Javeriana – Ecopetrol	Tier 2	Suelos	CO_2	38,99	t m.s/ha
4.D..2.c.ii.2. Tierras de cultivos convertidas a humedales costeros	Recopilación de información internacional ((Adame et al., 2015; Adame MF et al., 2013; Chavez et al., 2023))	Tier 2	Biomasa aérea	CO_2	17,8	t m.s/ha
4.D..2.c.ii.2. Tierras de cultivos convertidas a humedales costeros	Recopilación de información internacional ((Adame et al., 2015; Adame MF et al., 2013; Chavez et al., 2023; Sjögersten et al., 2021)	Tier 2	Suelos	CO_2	75,93	t m.s/ha

Nota: La categoría 4.D. Humedales emplea factores de emisión y absorción específicos para Colombia cuando la información nacional se encuentra disponible. Para los depósitos de carbono y categorías en las que no existen factores específicos, se utilizan los valores por defecto recomendados en las Directrices del IPCC de 2006.

Fuente: Elaboración propia con base en el Inventario Forestal Nacional (IFN), Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC), Directrices del IPCC de 2006 e Inventario Nacional de GEI de Colombia.

6.5.3 Descripción de flexibilidad aplicada en la categoría

No se aplica a flexibilidad para esta subcategoría.

6.5.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría

Tabla 6-42. Resultados de incertidumbre (%) por propagación del error para 4.D. Humedales

Subcategoría	Cont	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
4.D. Humedales	Total Emisión	7,9	6,9	8,2	8,6	7,7	10,4	8,8	7,7	7,9	9,5	9,0
4.D. Humedales	Total Absorción	18,9	18,9	18,9	14,4	14,4	12,3	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4
4.D.1 Humedales que permanecen como tales	CO2	48,3	34,1	51,3	47,7	38,2	32,5	35,6	35,1	34	34,5	37,0
4.D.1.b. Tierras inundadas que permanecen como tales	CO2	48,3	34,1	51,3	47,7	38,2	32,5	35,6	35,1	34	34,5	37,0
4.D.2. Tierras convertidas a humedales	CO2	6,9	7,0	7,3	8,8	7,8	10,7	9,1	7,7	8,0	9,9	9,2
4.D.2. Tierras convertidas a humedales	CO2_abs	18,9	18,9	18,9	14,4	14,4	12,3	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4
4.D.2.b.i. Tierras forestales convertidas a tierras inundadas	CO2	6,9	7,0	7,4	8,8	7,8	11,2	9,4	8,1	8,6	10,7	10,0
4.D.2.c.ii. Tierras de cultivo convertidas a otros humedales	CO2	18,9	18,9	18,9	14,4	14,4	12,3	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4

4.D.2.c.ii. Tierras de cultivo convertidas a otros humedales abs	CO2_abs	18,9	18,9	18,9	14,4	14,4	12,3	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 6-42 se presentan por separado los resultados de incertidumbre asociados a las emisiones y absorciones de CO_2 de la categoría 4.D. Humedales durante el periodo 1990-2024. La incertidumbre promedio histórica de las emisiones fue de ±9,15 %. En 1990, la incertidumbre de las emisiones fue de ±7,87 %, mientras que en 2024 alcanzó ±9,03 %, lo que representa un aumento relativo del 14,69 %, equivalente a 1,16 puntos porcentuales. La serie presenta una elevada variabilidad interanual, con un valor mínimo de ±6,91 % en 1995 y un máximo de ±14,92 % en 2007. En los años recientes, la incertidumbre pasó de ±7,65 % en 2021 a ±7,87 % en 2022, aumentó a ±9,55 % en 2023 y disminuyó a ±9,03 % en 2024.

Para 4.D.1. Humedales que permanecen como tales, correspondiente a tierras inundadas, la incertidumbre de las emisiones de CO_2 fue de ±36,98 % en 2024. Este valor es considerablemente superior a la incertidumbre agregada de la categoría, pero su influencia depende de la participación de estas emisiones en el total de los humedales.

Por su parte, 4.D.2. Tierras convertidas a humedales presentó una incertidumbre de ±9,16 % en 2024. Dentro de esta subcategoría, las tierras forestales convertidas a tierras inundadas registraron ±9,96 %, mientras que las tierras de cultivo convertidas a otros humedales presentaron ±8,36 %. La similitud entre la incertidumbre de 4.D.2 y la incertidumbre total de las emisiones refleja la importancia de las tierras convertidas a humedales en el resultado agregado.

Las absorciones presentan una incertidumbre promedio histórica de ±14,93 %. Esta disminuyó de ±18,92 % en 1990 a ±8,36 % en 2024, lo que representa una reducción relativa del 55,83 %, equivalente a 10,56 puntos porcentuales. La reducción se produjo de forma escalonada: la incertidumbre se mantuvo en ±18,92 % hasta 2002, disminuyó a aproximadamente ±14,42 % entre 2003 y 2014, a ±12,32 % entre 2015 y 2019 y a ±8,36 % a partir de 2020.

6.5.5 AC/CC de la categoría

6.5.6 Nuevos cálculos de la categoría

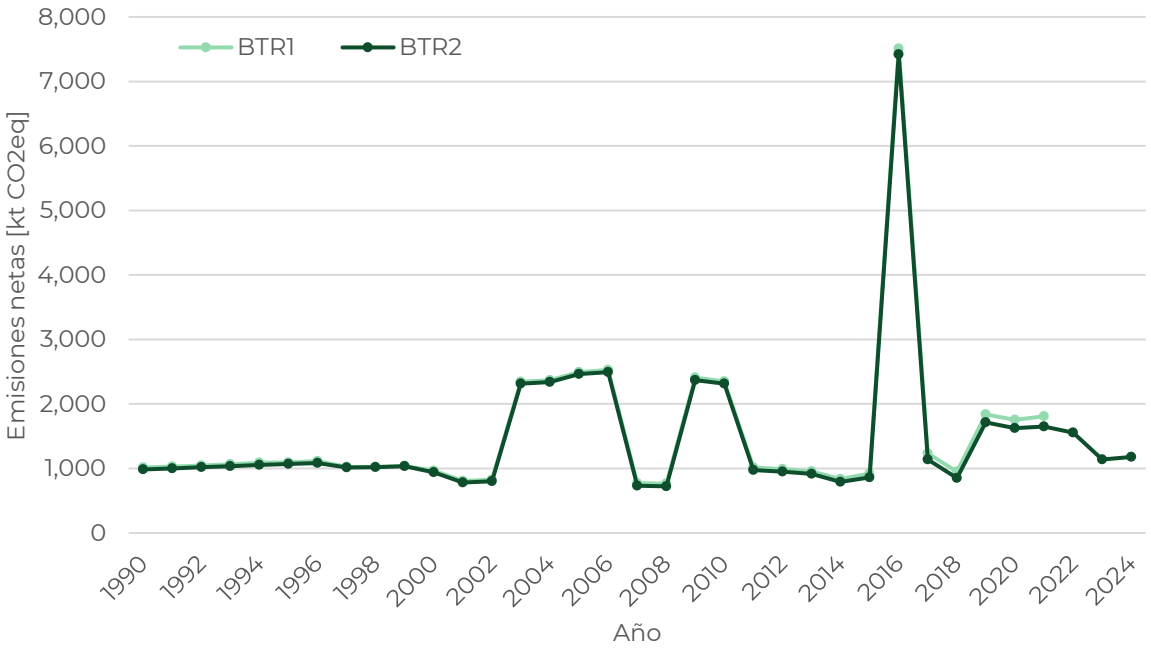


Figura 6-16. Humedales: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2) en emisiones netas, 1990-2024.

Fuente: Elaboración propia

Los recálculos realizados en la categoría 4.D. Humedales no obedecen a modificaciones en las metodologías generales, las cuales continúan siendo consistentes con las Directrices del IPCC. El cambio responde

principalmente a la inclusión de dos nuevas subcategorías: 4.D.2.c.ii.1. Tierras de cultivo convertidas a humedales de tierras bajas y medias y 4.D.2.c.ii.2. Tierras de cultivo convertidas a humedales costeros. Como resultado, la subcategoría 4.D.2. Tierras convertidas a humedales presenta variaciones en sus emisiones netas a lo largo del periodo 1990-2021 que van desde el -0,2 % hasta el -5,1 % respectivamente. Esto se traduce en una reducción de las emisiones netas de la categoría 4.D., pasando de -27,0 kt CO_2eq en 1990 a -157,7 kt CO_2eq en 2021.

Adicionalmente, la subcategoría 4.D.1.b. Tierras inundadas que permanecen como tales (influenciada principalmente por la dinámica de la subcategoría 4.D.2.b.i. Tierras forestales convertidas en tierras inundadas) presenta una disminución de sus emisiones netas con respecto al BTR 1, aproximadamente -20,1 % para 1990 y -29,6 % para 2021, debido a la actualización y reconstrucción de los datos de actividad. La siguiente tabla resume los recálculos de la categoría 4.D:

Tabla 6-43. Humedales: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2) en emisiones totales y netas, 1990-2024.

Subcategoría	Reporte	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021
4.D.1.b. Tierras inundadas que permanecen como tales	BTR1	125,2	127,8	108,4	115,0	24,1	44,3	204,8	222,6
4.D.1.b. Tierras inundadas que permanecen como tales	BTR2	100,0	101,6	87,8	94,9	19,9	29,2	143,8	156,7
4.D.1.b. Tierras inundadas que permanecen como tales	Diferencia	-25,2	-26,1	-20,6	-20,1	-4,2	-15,1	-61,0	-65,8
4.D.1.b. Tierras inundadas que permanecen como tales	Diferencia (%)	-20,1	-20,5	-19,0	-17,5	-17,6	-34,0	-29,8	-29,6
4.D.1.b. Tierras inundadas que permanecen como tales	Efecto en total de subcategoría 4.D.1 (%)	-20,1	-20,5	-19,0	-17,5	-17,6	-34,0	-29,8	-29,6
4.D.1.b. Tierras inundadas que permanecen como tales	Efecto en total neto de subcategoría 4.D.1 (%)	-20,1	-20,5	-19,0	-17,5	-17,6	-34,0	-29,8	-29,6
4.D.1 Humedales que permanecen como tales	**BTR1**	**125,2**	**127,8**	**108,4**	**115,0**	**24,1**	**44,3**	**204,8**	**222,6**
4.D.1 Humedales que permanecen como tales	**BTR2**	**100,0**	**101,6**	**87,8**	**94,9**	**19,9**	**29,2**	**143,8**	**156,7**
4.D.1 Humedales que permanecen como tales	**Diferencia**	**-25,2**	**-26,1**	**-20,6**	**-20,1**	**-4,2**	**-15,1**	**-61,0**	**-65,8**
4.D.1 Humedales que permanecen como tales	**Diferencia (%)**	**-20,1**	**-20,5**	**-19,0**	**-17,5**	**-17,6**	**-34,0**	**-29,8**	**-29,6**
4.D.1 Humedales que permanecen como tales	**Efecto en total de subcategoría 4.D (%)**	**-2,5**	**-2,4**	**-2,1**	**-0,8**	**-0,2**	**-1,6**	**-3,5**	**-3,6**
4.D.1 Humedales que permanecen como tales	**Efecto en total neto de subcategoría 4.D (%)**	**-2,5**	**-2,4**	**-2,1**	**-0,8**	**-0,2**	**-1,6**	**-3,5**	**-3,6**
4.D.2.b.i. Tierras forestales convertidas a tierras inundadas	BTR2	888,7	967,8	854,9	2.376,2	2.324,2	877,1	1.546,8	1.585,8
4.D.2.b.i. Tierras forestales convertidas a tierras inundadas	Diferencia	-	-	-	-	0,0	0,0	-	-

Subcategoría	Reporte	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021
4.D.2.b.i. Tierras forestales convertidas a tierras inundadas	Diferencia (%)	-	-	-	-	0,0	0,0	-	-
4.D.2.b.i. Tierras forestales convertidas a tierras inundadas	Efecto en total de subcategoría 4.D.2.b (%)	-	-	-	-	0,0	0,0	-	-
4.D.2.b.i. Tierras forestales convertidas a tierras inundadas	Efecto en total neto de subcategoría 4.D.2.b (%)	-	-	-	-	0,0	0,0	-	-
4.D.2.b. Tierras convertidas a tierras inundadas	BTR1	888,7	967,8	854,9	2.376,2	2.324,2	877,1	1.546,8	1.585,8
4.D.2.b. Tierras convertidas a tierras inundadas	BTR2	888,7	967,8	854,9	2.376,2	2.324,2	877,1	1.546,8	1.585,8
4.D.2.b. Tierras convertidas a tierras inundadas	Diferencia	-	-	-	-	0,0	0,0	-	-
4.D.2.b. Tierras convertidas a tierras inundadas	Diferencia (%)	-	-	-	-	0,0	0,0	-	-
4.D.2.b. Tierras convertidas a tierras inundadas	Efecto en total de subcategoría 4.D.2 (%)	-	-	-	-	0,0	0,0	-	-
4.D.2.b. Tierras convertidas a tierras inundadas	Efecto en total neto de subcategoría 4.D.2 (%)	-	-	-	-	0,0	0,0	-	-
4.D.2.c.ii.1. Tierras de cultivo a humedales de tierras bajas y medias	BTR1	-	-	-	-	-	-	-	-
4.D.2.c.ii.1. Tierras de cultivo a humedales de tierras bajas y medias	BTR2	- 1,8	- 1,8	- 1,8	- 8,9	- 28,2	- 44,3	- 66,5	- 91,8
4.D.2.c.ii.1. Tierras de cultivo a humedales de tierras bajas y medias	Diferencia	- 1,8	- 1,8	- 1,8	- 8,9	- 28,2	- 44,3	- 66,5	- 91,8
4.D.2.c.ii.1. Tierras de cultivo a humedales de tierras bajas y medias	Diferencia (%)	-	-	-	-	-	-	-	-
4.D.2.c.ii.1. Tierras de cultivo a humedales de tierras bajas y medias	Efecto en total de subcategoría 4.D.2.c.ii (%)	-	-	-	-	-	-	-	-
4.D.2.c.ii.1. Tierras de cultivo a humedales de tierras bajas y medias	Efecto en total neto de subcategoría 4.D.2.c.ii (%)	-	-	-	-	-	-	-	-

Subcategoría	Reporte	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021
4.D.2.c.ii.2. Tierras de cultivo a humedales costeros	BTR1	-	-	-	-	-	-	-	-
4.D.2.c.ii.2. Tierras de cultivo a humedales costeros	BTR2						- 0,0	- 0,1	- 0,1
4.D.2.c.ii.2. Tierras de cultivo a humedales costeros	Diferencia	-	-	-	-	-	- 0,0	- 0,1	- 0,1
4.D.2.c.ii.2. Tierras de cultivo a humedales costeros	Diferencia (%)	-	-	-	-	-	-	-	-
4.D.2.c.ii.2. Tierras de cultivo a humedales costeros	Efecto en total de subcategoría 4.D.2.c.ii (%)	-	-	-	-	-	-	-	-
4.D.2.c.ii.2. Tierras de cultivo a humedales costeros	Efecto en total neto de subcategoría 4.D.2.c.ii (%)	-	-	-	-	-	-	-	-
4.D.2.c.ii. Tierras de cultivo convertidas a otros humedales	BTR1	-	-	-	-	-	-	-	-
4.D.2.c.ii. Tierras de cultivo convertidas a otros humedales	BTR2	- 1,8	- 1,8	- 1,8	- 8,9	- 28,2	- 44,3	- 66,6	- 91,9
4.D.2.c.ii. Tierras de cultivo convertidas a otros humedales	Diferencia	- 1,8	- 1,8	- 1,8	- 8,9	- 28,2	- 44,3	- 66,6	- 91,9
4.D.2.c.ii. Tierras de cultivo convertidas a otros humedales	Diferencia (%)	-	-	-	-	-	-	-	-
4.D.2.c.ii. Tierras de cultivo convertidas a otros humedales	Efecto en total de subcategoría 4.D.2.c (%)	-	-	-	-	-	-	-	-
4.D.2.c.ii. Tierras de cultivo convertidas a otros humedales	Efecto en total neto de subcategoría 4.D.2.c (%)	-	-	-	-	-	-	-	-
4.D.2.c. Tierras convertidas a otros humedales	BTR1	-	-	-	-	-	-	-	-
4.D.2.c. Tierras convertidas a otros humedales	BTR2	- 1,8	- 1,8	- 1,8	- 8,9	- 28,2	- 44,3	- 66,6	- 91,9
4.D.2.c. Tierras convertidas a otros humedales	Diferencia	- 1,8	- 1,8	- 1,8	- 8,9	- 28,2	- 44,3	- 66,6	- 91,9

Subcategoría	Reporte	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021
4.D.2.c. Tierras convertidas a otros humedales	Diferencia (%)	-	-	-	-	-	-	-	-
4.D.2.c. Tierras convertidas a otros humedales	Efecto en total de subcategoría 4.D.2 (%)	- 0,2	- 0,2	- 0,2	- 0,4	- 1,2	- 5,1	- 4,3	- 5,8
4.D.2.c. Tierras convertidas a otros humedales	Efecto en total neto de subcategoría 4.D.2 (%)	- 0,2	- 0,2	- 0,2	- 0,4	- 1,2	- 5,1	- 4,3	- 5,8
4.D.1 Humedales que permanecen como tales	**BTR1**	**125,2**	**127,8**	**108,4**	**115,0**	**24,1**	**44,3**	**204,8**	**222,6**
4.D.2. Tierras convertidas a humedales	**BTR1**	**888,7**	**967,8**	**854,9**	**2.376,2**	**2.324,2**	**877,1**	**1.546,8**	**1.585,8**
4.D.2. Tierras convertidas a humedales	**BTR2**	**886,9**	**966,0**	**853,1**	**2.367,3**	**2.296,0**	**832,8**	**1.480,2**	**1.493,9**
4.D.2. Tierras convertidas a humedales	**Diferencia**	**- 1,8**	**- 1,8**	**- 1,8**	**- 8,9**	**- 28,2**	**- 44,3**	**- 66,6**	**- 91,9**
4.D.2. Tierras convertidas a humedales	**Diferencia (%)**	**- 0,2**	**- 0,2**	**- 0,2**	**- 0,4**	**- 1,2**	**- 5,1**	**- 4,3**	**- 5,8**
4.D.2. Tierras convertidas a humedales	**Efecto en total de subcategoría 4.D (%)**	**- 0,2**	**- 0,2**	**- 0,2**	**- 0,4**	**- 1,2**	**- 4,8**	**- 3,8**	**- 5,1**
4.D.2. Tierras convertidas a humedales	**Efecto en total neto de subcategoría 4.D (%)**	**- 0,2**	**- 0,2**	**- 0,2**	**- 0,4**	**- 1,2**	**- 4,8**	**- 3,8**	**- 5,1**
4.D. Humedales	**BTR1**	**1.013,8**	**1.095,5**	**963,3**	**2.491,2**	**2.348,3**	**921,4**	**1.751,6**	**1.808,4**
4.D. Humedales	**BTR2**	**986,9**	**1.067,6**	**941,0**	**2.462,2**	**2.315,9**	**862,1**	**1.624,0**	**1.650,7**
4.D. Humedales	**Diferencia**	**- 27,0**	**- 27,9**	**- 22,3**	**- 29,0**	**- 32,5**	**- 59,4**	**- 127,5**	**- 157,7**
4.D. Humedales	**Diferencia (%)**	**- 2,7**	**- 2,5**	**- 2,3**	**- 1,2**	**- 1,4**	**- 6,4**	**- 7,3**	**- 8,7**
4.D. Humedales	**Efecto en total de subcategoría 4 (%)**	**- 0,0**	**- 0,0**	**- 0,0**	**- 0,0**	**- 0,0**	**- 0,1**	**- 0,1**	**- 0,1**
4.D. Humedales	**Efecto en total neto de subcategoría 4 (%)**	**- 0,0**	**- 0,0**	**- 0,0**	**- 0,0**	**- 0,0**	**- 0,1**	**- 0,1**	**- 0,2**

Subcategoría	Reporte	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021
4. Silvicultura, uso y cambio de uso de la tierra	BTR1	121.788,9	124.332,9	105.074,7	83.002,3	72.605,6	62.187,9	98.627,8	96.603,1
4. Silvicultura, uso y cambio de uso de la tierra	BTR2	120.054,1	122.715,8	103.428,2	81.603,3	70.838,1	60.974,4	97.865,7	97.036,3
4. Silvicultura, uso y cambio de uso de la tierra	Diferencia	-1.734,8	-1.617,1	-1.646,5	-1.399,0	-1.767,6	-1.213,6	-762,0	433,2
4. Silvicultura, uso y cambio de uso de la tierra	Diferencia (%)	-1,4	-1,3	-1,6	-1,7	-2,4	-2,0	-0,8	0,4

Fuente: Elaboración propia.

6.5.7 Mejoras planeadas de la categoría

Las mejoras planeadas para la presente categoría 4.D. Humedales se orientan en la transparencia, coherencia, exhaustividad y comparabilidad. Estas actividades priorizadas responden a las oportunidades de mejora identificadas a partir de los procesos de control de calidad (QA/QC), análisis de incertidumbre, resultados de talleres de socialización y la revisión de la disponibilidad de información sectorial, por otra parte, las recomendaciones formuladas desde el apoyo externo como CIAT y/o taller de metano CMNUCC. Su implementación se desarrollará bajo la premisa de articulación interinstitucional asegurando la coherencia con las Directrices del IPCC. Las oportunidades de mejora específicas para esta categoría se presentan en la Tabla 6-44 en las cuales se detallan los periodos de implementación, los actores responsables y la priorización correspondiente para las diferentes subcategorías.

Tabla 6-44. Humedales. Plan de mejora

Subcategoría	Oportunidad de mejora	Periodo	Actores	Priorización
4.D. Humedales	Clasificar los suelos utilizando mapas nacionales según las categorías del IPCC, identificando suelos minerales y orgánicos y distinguiéndolos por tipo de cobertura de humedales.	1990-2024	Ideam-SEA Ideam-Ecosistemas	BTR5
	Compilar los datos de actividad y Factores de emisión disponibles	1990-2024	Ideam-SEA Ideam-Ecosistemas	BTR5
	Mejora en la delimitación, especialización y contabilidad de la categoría humedales como aguas dulces y permanentes.	1990-2024	Ideam-SEA Ideam-Ecosistemas	BTR5
4.D.1.b. Tierras inundadas que permanecen como tales	Refinar la matriz de cambio de uso del uso con base en mapa CLC.	1990-2024	Ideam-SEA Ideam-Ecosistemas	BTR3
	Actualizar los factores de emisión para las estimaciones de difusión de CH_4 y CO_2 en embalses utilizando datos específicos del país.	1990-2024	Ideam-SEA Ideam-Ecosistemas	BTR4
4.D.2.b.i. Tierras forestales convertidas a tierras inundadas	Determinar los usos del suelo y los cambios de uso del suelo en áreas identificadas como humedales de acuerdo con las directrices del IPCC, utilizando mapas de cobertura del suelo (por ejemplo, CLC), para completar la matriz de cambio de uso del suelo.	1990-2024	Ideam-SEA Ideam-Ecosistemas	BTR5
	Generar datos de actividad sobre áreas de cambio de uso del suelo clasificadas como humedales con base en definiciones operativas acordadas con los actores clave.	1990-2024	Ideam-SEA Ideam-Ecosistemas	BTR5
	Compilar y sintetizar factores de emisión y datos de existencias de carbono para humedales mediante revisión bibliográfica y consolidación de estudios nacionales.	1990-2024	Ideam-SEA	BTR5

Fuente: Elaboración propia

6.6 Asentamientos (CRT 4.E)

6.6.1 Descripción y tendencia de las emisiones y absorciones atmosféricas de la categoría

La categoría 4.E. Asentamientos comprende las emisiones y absorciones de dióxido de carbono (CO_2) asociadas a los cambios en las existencias de carbono de la biomasa, la materia orgánica muerta y los suelos en las áreas clasificadas como asentamientos que permanecen como tales (4.E.1) y en las tierras convertidas a asentamientos (4.E.2), de conformidad con las Directrices del IPCC de 2006(IPCC, 2006b). Para Colombia, esta

categoría incluye la estimación de las emisiones y absorciones asociadas al mantenimiento del arbolado presente en los asentamientos y a la conversión de tierras forestales hacia usos urbanos e infraestructura.

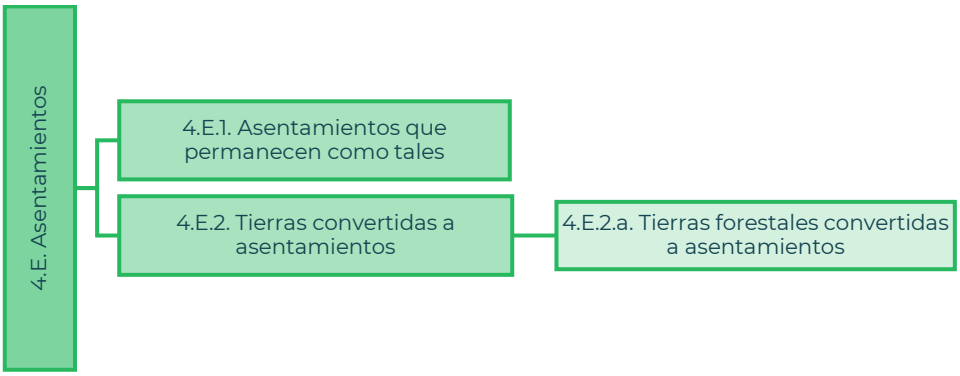


Figura 6-17. Asentamientos: Estructura de la categoría y subcategorías consideradas en el Inventario Nacional de GEI.

Nota: La categoría 4.E.1 comprende los asentamientos que permanecen como tales, mientras que la categoría 4.E.2 corresponde a las tierras convertidas a asentamientos. Para Colombia únicamente se estiman emisiones para la subcategoría 4.E.2.a. Tierras forestales convertidas a asentamientos. Fuente: Elaboración propia

La Figura 6-17 presenta la estructura de la categoría 4.E. Asentamientos y las subcategorías consideradas en el Inventario Nacional de GEI. La categoría comprende los asentamientos que permanecen como tales (4.E.1) y las tierras convertidas a asentamientos (4.E.2). En el presente inventario únicamente se estiman emisiones para la subcategoría 4.E.2.a. Tierras forestales convertidas a asentamientos, correspondiente a la conversión de coberturas forestales hacia áreas urbanas e infraestructura. Esta estructura responde a las categorías de reporte definidas por las Directrices del IPCC de 2006 y constituye la base metodológica para la estimación de las emisiones y absorciones de CO_2 de la categoría (Ideam, 2021).

La tendencia de las emisiones netas durante el periodo 1990–2024, en donde las emisiones netas de la categoría disminuyeron de 685,4 kt CO_2eq a 63,3 kt CO_2eq, oscilan entre absorciones -0,6 kt CO_2eq a -19,1 kt CO_2eq, así mismo las emisiones varían entre 686,0 kt CO_2eq a 82,4 kt CO_2eq, equivalente a una reducción del 90,8 %. Esta tendencia refleja principalmente la disminución progresiva de las emisiones derivadas de la conversión de tierras forestales a asentamientos, asociada a una reducción de las áreas que experimentan este cambio de uso de la tierra. En 2024, la categoría registró emisiones netas de 63,3 kt CO_2eq, lo que representa una disminución del 34,0 % respecto a 2021 (95,9 kt CO_2eq). Este comportamiento obedece principalmente a la reducción de las emisiones de 113,6 kt CO_2eq (2021) a 82,4 kt CO_2eq(2024) e incremento en las absorciones -17,6 kt CO_2eq (2021) a -19,1 kt CO_2eq(2024), el cual está asociado a la conversión de tierras forestales a asentamientos, mientras que los asentamientos que permanecen como tales continuaron actuando como un sumidero neto de carbono.

Las mayores variaciones de la serie temporal se presentan entre 1995 y 2005, periodo durante el cual las emisiones disminuyeron significativamente como consecuencia de la reducción de las áreas de bosque convertidas a asentamientos. A partir de 2015 la categoría presenta valores relativamente estables, con ligeras fluctuaciones interanuales asociadas a la dinámica de expansión urbana registrada en el país (Ideam, 2024).

Tabla 6-45. Asentamientos: Emisiones y absorciones de GEI por categoría y subcategoría (kt CO_2eq)

Subcategoría	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
4.E.1. Asentamientos que permanecen como tales	4,0	1,2	-1,6	-4,5	-7,9	-8,4	-14,9	-15,8	-16,3	-16,8	-17,2
4.E.2. Tierras convertidas a asentamientos	681,4	788,2	550,3	288,5	243,7	131,7	110,0	111,8	88,6	66,7	80,5
4.E.2.a. Tierras forestales convertidas a asentamientos	681,4	788,2	550,3	288,5	243,7	131,7	110,0	111,8	88,6	66,7	80,5
4.E. Asentamientos	**685,4**	**789,3**	**548,7**	**284,0**	**235,8**	**123,3**	**95,1**	**95,9**	**72,3**	**50,0**	**63,3**

Nota: Los valores negativos corresponden a absorciones netas de CO_2. Fuente: Elaboración propia

La Tabla 6-45 presenta las emisiones y absorciones de GEI de la categoría 4.E. Asentamientos para los años seleccionados de la serie temporal 1990–2024, desagregadas por categoría y subcategoría. Los resultados

muestran la evolución de las emisiones y absorciones asociadas a los asentamientos que permanecen como tales y a las tierras convertidas a asentamientos, permitiendo identificar la contribución de cada subcategoría al balance de CO_2 de la categoría. En 2024, las emisiones netas ascendieron a 63,3 kt CO_2eq, predominando las emisiones provenientes de la subcategoría 4.E.2.a. Tierras forestales convertidas a asentamientos con emisiones de 80,5 kt CO_2eq representado el 97,8 % de la categoría, mientras los 4.E.1. Asentamientos que permanecen como tales representan el 2,2 % (1,8 kt CO_2eq). En cuanto a las absorciones se encuentran asociados a la subcategoría 4.E.1 representando el 100 % de la categoría con -19,1 kt CO_2eq, el cual registra un incremento significativo para la serie histórica 1990 a 2024 se registró absorciones -0,6 kt CO_2eq a -17,6 kt CO_2eq respectivamente.

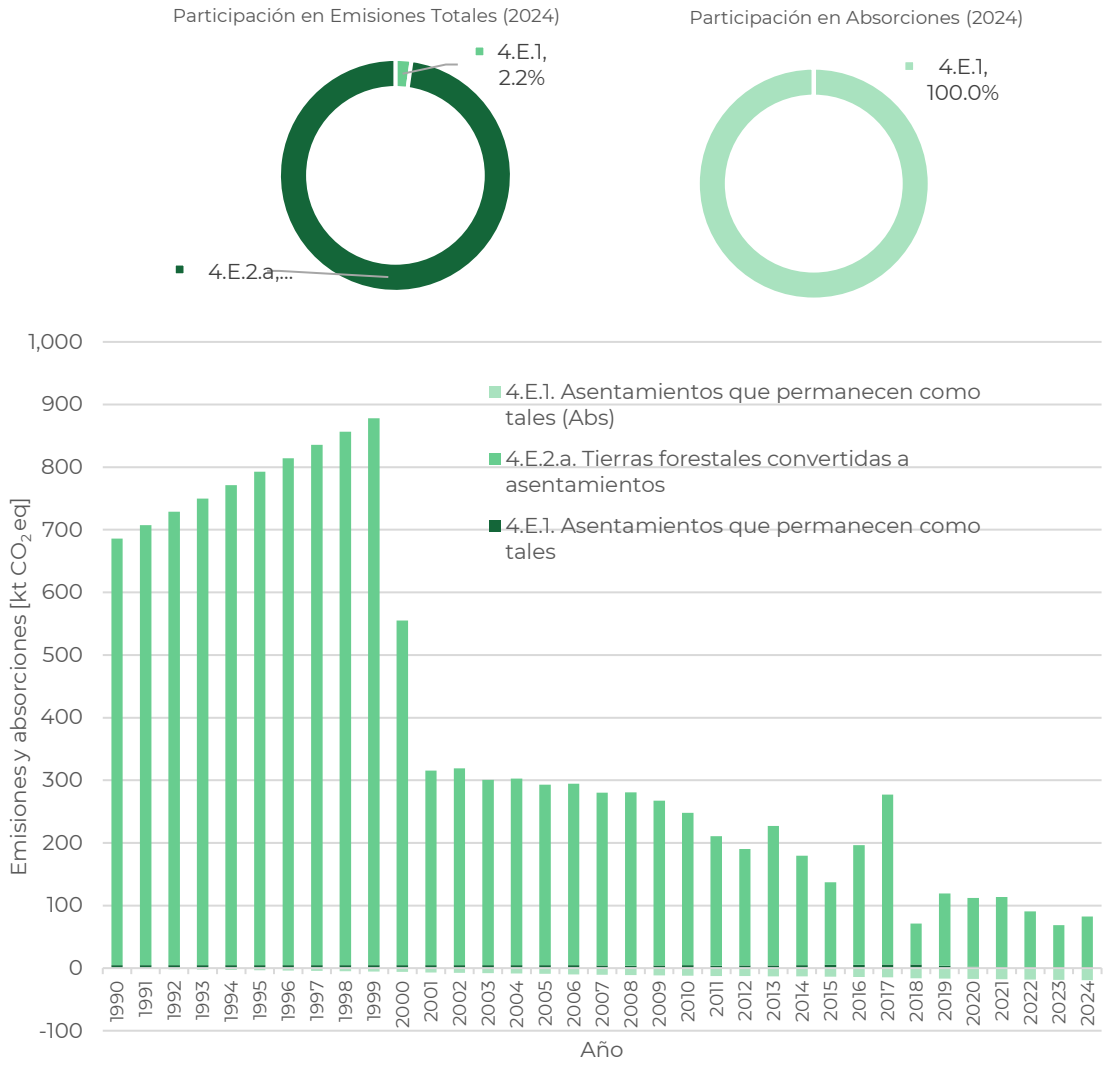


Figura 6-18. Asentamientos: Emisiones y absorciones de GEI por subcategoría, 1990–2024

Nota: La figura presenta la evolución temporal de las emisiones y absorciones de CO_2 de las subcategorías de la categoría 4.E. Asentamientos, así como su participación en el balance neto de emisiones para el año 2024.

Fuente: Elaboración propia

La Figura 6-18 presenta la evolución de las emisiones y absorciones de GEI de la categoría 4.E. Asentamientos durante el periodo 1990–2024, así como la contribución de las subcategorías al balance neto de emisiones para el año 2024. Se observa que las emisiones están dominadas por la subcategoría 4.E.2.a. Tierras forestales convertidas a asentamientos, mientras que la subcategoría 4.E.1. Asentamientos que permanecen como tales registra absorciones de CO_2 que compensan parcialmente dichas emisiones. La figura evidencia igualmente la disminución progresiva de las emisiones asociadas a la conversión de tierras forestales hacia asentamientos y el comportamiento relativamente estable de las absorciones registradas en las áreas urbanas consolidadas durante la serie temporal.

Las emisiones de la categoría están determinadas principalmente por la conversión de tierras forestales a asentamientos, mientras que los asentamientos que permanecen como tales generan absorciones asociadas al mantenimiento de la cobertura vegetal urbana. En conjunto, estas dinámicas explican la tendencia decreciente observada en el balance neto de emisiones durante la serie temporal, como resultado de la reducción progresiva de las superficies forestales convertidas a usos urbanos.

En la categoría 4.E. Asentamientos únicamente se estiman emisiones y absorciones de CO_2 asociadas a cambios en las existencias de carbono de la biomasa, la materia orgánica muerta y los suelos. La Tabla 6-46 presenta las emisiones totales de GEI reportadas para esta categoría durante el periodo 1990–2024, evidenciando que el CO_2 constituye el único gas estimado, mientras que CH_4, N_2O, HFC, PFC, SF_6 y NF_3 se reportan mediante la clave de notación NA, de conformidad con las Directrices del IPCC de 2006 y las tablas CRT del inventario (IPCC, 2006a; UNFCCC, 2024).

Tabla 6-46. Asentamientos: Emisiones totales de GEI 1990-2024 (kt CO_2eq)

GEI	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
CO_2	**685,4**	**789,3**	**548,7**	**284,0**	**235,8**	**123,3**	**95,1**	**95,9**	**72,3**	**50,0**	**63,3**
CH_4	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
N_2O	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
HFC	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
PFC	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
SF_6	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
NF_3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Total	**685,4**	**789,3**	**548,7**	**284,0**	**235,8**	**123,3**	**95,1**	**95,9**	**72,3**	**50,0**	**63,3**

Nota: Para esta categoría únicamente se estiman emisiones y absorciones de CO_2.

Fuente: Elaboración propia con base en el Inventario Nacional de GEI de Colombia.

Para la categoría 4.E. Asentamientos aplica las estimación de emisiones de carbono negro (CN) ni contaminantes criterio (CR). Las metodologías aplicadas se enfocan exclusivamente en la estimación de las emisiones y absorciones de CO_2 asociadas a los cambios en las existencias de carbono de la biomasa viva, la materia orgánica muerta y el carbono orgánico del suelo.

Las emisiones de carbono negro y contaminantes criterio asociadas a la quema de biomasa se estiman y reportan de manera independiente en la categoría 4(IV). Quema de biomasa. En consecuencia, las tablas y figuras correspondientes al reporte de carbono negro y contaminantes criterio no aplican para la categoría 4.E. Asentamientos, por lo que estas sustancias se reportan mediante la clave de notación correspondiente (EEA, 2019; UNFCCC, 2024).

6.6.2 Aspectos metodológicos de la categoría

Las estimaciones de emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero (GEI) para la categoría 4.E. Asentamientos se realizaron de conformidad con las Directrices del IPCC de 2006, Volumen 4 Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra (AFOLU)(IPCC, 2006b), Capítulo 8, aplicando los métodos recomendados para la estimación de los cambios en las existencias de carbono asociados a la conversión de tierras hacia asentamientos y al mantenimiento de la cobertura vegetal presente en áreas urbanas.

La categoría comprende las subcategorías 4.E.1. Asentamientos que permanecen como tales y 4.E.2. Tierras convertidas a asentamientos. En el Inventario Nacional de GEI de Colombia únicamente se estiman emisiones y absorciones para las subcategorías 4.E.1. Asentamientos que permanecen como tales y 4.E.2.a. Tierras forestales convertidas a asentamientos, considerando los cambios en las existencias de carbono de la biomasa viva, la materia orgánica muerta y el carbono orgánico del suelo.

Para la subcategoría 4.E.1. Asentamientos que permanecen como tales, las estimaciones consideran las ganancias y pérdidas de carbono asociadas al establecimiento, crecimiento y mantenimiento del arbolado urbano presente en los principales centros urbanos del país.

Para la subcategoría 4.E.2.a. Tierras forestales convertidas a asentamientos, las estimaciones se realizaron mediante el enfoque de pérdidas y ganancias recomendado por las Directrices del IPCC de 2006(IPCC, 2006b), considerando los cambios en las existencias de carbono derivados de la conversión de bosque natural a áreas urbanas e infraestructura.

Los cálculos fueron desarrollados mediante las hojas de cálculo del Inventario Nacional de GEI, integrando y armonizando información proveniente del Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC)(Ideam, 2021d),

el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC)(IGAC, 2014), el Ideam y demás fuentes oficiales empleadas en la elaboración del inventario.

La Tabla 6-47 presenta los métodos de estimación, niveles metodológicos (Tier), ecuaciones y fuentes empleadas para la estimación de las emisiones y absorciones de GEI de la categoría 4.E. Asentamientos.

Tabla 6-47. Asentamientos: Aspectos metodológicos para la estimación de GEI

Subcategoría	Contaminante	Nivel (Tier)	No. ecuación	Ecuación	Fuente
4.E.1. Asentamientos que permanecen como tales	CO_2	2	V. 4, Ch. 8, Ec. 8.1, 8.3	$\Delta C_B = \Delta C_{Arboles} + \Delta C_{\text{Arbustos}} + \Delta C_{\text{Hierbas}}$ Dónde: ΔC_B = Acumulación anual de carbono atribuida al incremento de biomasa en Asentamientos que permanecen como tales, t C/año. $\Delta C_{Arboles}$ = Acumulación anual de carbono atribuida al incremento de biomasa en árboles en Asentamientos que permanecen como tales, ton C/año. $\Delta C_{\text{Arbustos}}$ = Acumulación anual de carbono atribuida al incremento de biomasa en arbustos en Asentamientos que permanecen como tales, t C/año. $\Delta C_{\text{Hierbas}}$ = Acumulación anual de carbono atribuida al incremento de la biomasa herbácea en Asentamientos que permanecen como tales, t C/año. $\Delta C_G = \sum_{i,j} NT_{i,j} * C_{i,j}$ Dónde: ΔC_G = Acumulación anual de carbono atribuida al incremento de biomasa viva en Asentamientos que permanecen como tales, t C/año. $NT_{i,j}$ = Cantidad de ejemplares individuales de la clase *i* del tipo perenne *j* $C_{i,j}$ = Promedio anual de acumulación de carbono por la clase *i* del tipo perenne *j*, t C/año.	IPCC, 2006
4.E.2.a. Tierras forestales convertidas a asentamientos	CO_2	2	V. 4, Ch. 2, Ec. 2.15, 2.16, 2.18 y 2.25	$\Delta C_B = \Delta C_G + \Delta \text{Conversión} - \Delta C_L$ Dónde: ΔC_B = Variación anual de las reservas de carbono de la biomasa. t C/año. ΔC_G = Aumento anual de las reservas de carbono de la biomasa. t C/año. ΔC_L = Disminución anual de las reservas de carbono de la biomasa. . t C/año. $\Delta C_{\text{conversión}} = \Sigma\left(\left(B_{\text{después}} - B_{\text{antes}}\right) * \Delta A_{\text{otras}}\right) * CF$ Dónde: $B_{después=}$ Existencia de biomasa en tipo tierra i antes de la conversión. t.d.m/ha. $B_{antes=}$ Existencia de biomasa en tipo tierra i antes de la conversión. t.d.m/ha. $\Delta A_{otras=}$ Superficie de uso de la tierra i convertida a otra categoría de uso. ha/año. *CF*= Fracción de carbono de la materia seca. t C/(t m.s). $\Delta C_{DOM} = A * \left((DOM_{in} - DOM_{out}) * CF\right)$ Donde: ΔC_{DOM} = cambio anual en las existencias de carbono de los depósitos de madera muerta/hojarasca. t C/año. *A* = superficie de tierra gestionada. ha DOM_{in} = transferencia anual promedio de biomasa al depósito de madera muerta/hojarasca debido a procesos y perturbaciones anuales. t d.m/ha.año. DOM_{out} = pérdida de carbono promedio anual por descomposición y perturbaciones procedente de	IPCC, 2006

Subcategoría	Contaminante	Nivel (Tier)	No. ecuación	Ecuación	Fuente
				depósitos de madera muerta o de hojarasca. t d.m/ha.año. *CF* = fracción de carbono de materia seca. t C/(t.d.m). $\Delta C_{Minerales} = \left((SOC_0 - SOC_{(0-T)})/D\right)$ Dónde: SOC_{0}= Existencia de carbono orgánico en suelos en el último año de un periodo en el inventario. t C SOC_{0-T}= Existencia de carbono orgánico en suelos al comienzo de un periodo en el inventario. t C *D*= Cantidad de tiempo de un periodo dado $SOC = \Sigma\ (SOC_{REF} * F_{LU} * F_{MG} * F_I * A)$ Dónde: F_{LU}= Factor de cambio de existencias para sistemas de uso de la tierra. F_{MG}= Factor de cambio de existencias para regímenes de gestión. F_{LU}= Factor de cambio de existencias para el aporte de materia orgánica. *Ecuaciones utilizadas para calcular los crecimientos del bosque natural < a 20 años.	

Nota: Para la categoría 4.E. Asentamientos únicamente se estiman emisiones y absorciones de CO_2 asociadas a los cambios en las existencias de carbono de la biomasa viva, la materia orgánica muerta y el carbono orgánico del suelo.

Fuente: Elaboración propia

Las metodologías aplicadas permiten estimar las emisiones y absorciones de la categoría 4.E. Asentamientos de manera consistente para toda la serie temporal 1990–2024, garantizando la comparabilidad, transparencia y coherencia metodológica del Inventario Nacional de GEI, de conformidad con las Directrices del IPCC de 2006 (IPCC, 2006b).

6.6.2.1 Datos de actividad de la categoría

Los datos de actividad utilizados para la estimación de las emisiones y absorciones de GEI en la categoría 4.E. Asentamientos fueron obtenidos a partir de fuentes oficiales nacionales y armonizados para garantizar la consistencia espacial y temporal de la serie histórica 1990–2024 (Ideam, 2024). Los datos corresponden a las superficies (ha) derivadas de las matrices nacionales de cambio de uso de la tierra, e incluyen las áreas de asentamientos que permanecen como tales y las áreas de tierras forestales convertidas a asentamientos empleadas en las bases de cálculo del Inventario Nacional de GEI.

Para la subcategoría 4.E.1. Asentamientos que permanecen como tales, los datos de actividad corresponden a las superficies urbanas con cobertura arbórea y demás áreas verdes consideradas para estimar los cambios en las existencias de carbono asociados a la permanencia de los asentamientos.

Para la subcategoría 4.E.2.a. Tierras forestales convertidas a asentamientos, los datos de actividad corresponden a las superficies de bosque natural convertidas a asentamientos, identificadas mediante los análisis multitemporales desarrollados por el Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC) (Ideam, 2021) y armonizadas con las categorías de uso de la tierra utilizadas en el Inventario Nacional de GEI (Ideam, 2024).

Con el propósito de garantizar la coherencia de la serie temporal 1990–2024, los datos de actividad fueron sometidos a procesos de validación, armonización y control de calidad, verificando su consistencia espacial, temporal y metodológica con las bases de cálculo del Inventario Nacional de GEI y con las categorías de uso de la tierra establecidas en las Directrices del IPCC de 2006 (IPCC, 2006b; UNFCCC, 2024).

Tabla 6-48. Asentamientos: Fuentes de datos de actividad utilizadas para la estimación de las emisiones y absorciones de GEI.

Subcategoría	Dato de actividad	Periodo	Fuente de información	Comentarios
4.E.1. Asentamientos que permanecen como tales	Superficie de asentamientos con cobertura arbórea y áreas verdes (ha)	1990–2024	IGAC; DANE; Ideam	Información armonizada para la estimación de cambios en las existencias de carbono en asentamientos.

Subcategoría	Dato de actividad	Periodo	Fuente de información	Comentarios
4.E.2.a. Tierras forestales convertidas a asentamientos	Superficie de cambio de uso de la tierra (ha)	1990–2024	SMByC – Ideam	Áreas de bosque natural convertidas a asentamientos utilizadas para la estimación de emisiones por cambio de uso de la tierra.

Fuente: Elaboración propia con base en el Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC), el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), el Ideam y el Inventario Nacional de GEI de Colombia.

La Tabla 6-48 presenta las principales fuentes de datos de actividad utilizadas para la estimación de las emisiones y absorciones de GEI en la categoría 4.E. Asentamientos, indicando el tipo de información empleada, la institución responsable y su aplicación en las diferentes subcategorías del inventario.

Tabla 6-49. Asentamientos: Datos de actividad utilizados para la estimación de las emisiones y absorciones de GEI, 1990–2024

Años	4.E.1. Asentamientos que permanecen como tales		4.E.2.a. Tierras forestales convertidas a asentamientos			
	Número de árboles plantados Número de árboles	Número de árboles talados Número de árboles	Área de bosque natural (borde) ha	Área de bosque natural (núcleo) ha	Fracción de área de bosque natural (borde) convertida a asentamientos Porcentaje (decimal)	Fracción de área de bosque natural (núcleo) convertida a asentamientos Porcentaje (decimal)
1990	30.663,7	12.465,6	202.574,8	62.866,2	0,0375	0,0375
1991	30.674,0	12.465,6	202.574,8	62.866,2	0,0375	0,0375
1992	30.687,4	12.465,6	202.574,8	62.866,2	0,0375	0,0375
1993	30.704,7	12.465,6	202.574,8	62.866,2	0,0375	0,0375
1994	30.727,2	12.465,6	202.574,8	62.866,2	0,0375	0,0375
1995	30.756,3	12.465,6	202.574,8	62.866,2	0,0375	0,0375
1996	30.794,1	12.465,6	202.574,8	62.866,2	0,0375	0,0375
1997	30.843,1	12.465,6	202.574,8	62.866,2	0,0375	0,0375
1998	30.906,7	12.465,6	202.574,8	62.866,2	0,0375	0,0375
1999	30.989,1	12.465,6	202.574,8	62.866,2	0,0375	0,0375
2000	31.096,0	12.465,6	150.368,5	49.911,6	0,0220	0,0220
2001	31.234,6	12.465,6	98.162,2	36.957,1	0,0065	0,0065
2002	31.414,3	12.465,6	98.162,2	36.957,1	0,0065	0,0065
2003	31.647,4	12.465,6	132.263,8	46.837,8	0,0026	0,0026
2004	31.949,6	12.465,6	132.263,8	46.837,8	0,0026	0,0026
2005	32.341,6	12.465,6	100.816,5	37.757,1	0,0079	0,0079
2006	41.689,0	12.465,6	100.816,5	37.757,1	0,0079	0,0079
2007	35.634,0	10.976,3	102.886,0	37.235,0	0,0025	0,0025
2008	32.996,0	10.013,0	102.886,0	37.235,0	0,0025	0,0025
2009	39.744,0	11.141,0	87.724,6	32.791,9	0,0052	0,0052
2010	56.485,0	12.214,0	87.724,6	32.791,9	0,0052	0,0052
2011	56.597,0	10.038,0	99.578,1	40.194,2	0,0022	0,0022
2012	25.428,0	11.455,0	99.578,1	40.194,2	0,0022	0,0022
2013	41.503,0	11.691,0	93.471,9	22.655,0	0,0103	0,0103
2014	53.347,0	12.346,0	108.701,1	28.610,8	0,0060	0,0060
2015	52.183,5	14.524,0	97.283,3	26.551,2	0,0004	0,0004

Años	4.E.1. Asentamientos que permanecen como tales		4.E.2.a. Tierras forestales convertidas a asentamientos			
	Número de árboles plantados Número de árboles	Número de árboles talados Número de árboles	Área de bosque natural (borde) ha	Área de bosque natural (núcleo) ha	Fracción de área de bosque natural (borde) convertida a asentamientos Porcentaje (decimal)	Fracción de área de bosque natural (núcleo) convertida a asentamientos Porcentaje (decimal)
2016	52.177,0	14.089,0	132.867,7	44.870,1	0,0086	0,0086
2017	69.236,0	15.083,0	151.986,8	67.501,0	0,0163	0,0163
2018	97.304,0	16.006,0	131.759,4	65.345,7	0,0000	0,0000
2019	70.528,0	10.253,0	108.429,0	50.411,0	0,0069	0,0069
2020	53.170,0	6.080,0	113.510,9	58.141,1	0,0069	0,0069
2021	57.238,0	4.990,0	114.861,1	59.206,9	0,0069	0,0069
2022	57.238,0	4.990,0	86.432,6	37.019,8	0,0069	0,0069
2023	57.238,0	4.990,0	54.781,6	24.474,7	0,0069	0,0069
2024	57.238,0	4.990,0	76.110,7	37.497,2	0,0069	0,0069

Nota: Los valores corresponden a los datos de actividad utilizados como variables de entrada para la estimación de las emisiones y absorciones de GEI de la categoría 4.E. Asentamientos durante el periodo 1990–2024. Los datos incluyen las superficies de asentamientos que permanecen como tales y las áreas de tierras forestales convertidas a asentamientos empleadas en las bases de cálculo del Inventario Nacional de GEI.

Fuente: Elaboración propia con base en el Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC), el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y el Inventario Nacional de GEI de Colombia.

La Tabla 6-49 presenta los datos de actividad utilizados para la estimación de las emisiones y absorciones de GEI de la categoría 4.E. Asentamientos durante el periodo 1990–2024. Los valores corresponden a las variables de entrada empleadas directamente en las bases de cálculo del Inventario Nacional de GEI para las subcategorías 4.E.1. Asentamientos que permanecen como tales y 4.E.2.a. Tierras forestales convertidas a asentamientos, incluyendo las superficies de asentamientos con cobertura arbórea y las áreas de bosque natural convertidas a usos urbanos empleadas en la estimación de los cambios en las existencias de carbono.

6.6.2.2 Factores de emisión aplicados en la categoría

Los factores de emisión y absorción utilizados para la estimación de las emisiones y absorciones de GEI en la categoría 4.E. Asentamientos corresponden principalmente a factores específicos para Colombia, desarrollados a partir de información nacional proveniente del Inventario Forestal Nacional (IFN), el Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC) y otros estudios técnicos empleados en la elaboración del Inventario Nacional de GEI. La selección de estos factores se realizó de acuerdo con el nivel metodológico aplicado, el reservorio de carbono considerado y la disponibilidad de información nacional para cada subcategoría (Castellanos, 2021; Ideam, 2024).

Cuando no se dispone de factores específicos para el país, se emplean los factores por defecto recomendados por las Directrices del IPCC de 2006 (IPCC, 2006a), garantizando la consistencia metodológica entre las diferentes subcategorías de asentamientos.

Los factores de emisión y absorción utilizados representan los cambios en las existencias de carbono de la biomasa viva, la materia orgánica muerta y el carbono orgánico del suelo asociados tanto a los asentamientos que permanecen como tales como a las diferentes transiciones de uso de la tierra hacia asentamientos consideradas en el Inventario Nacional de GEI (Ideam, 2024).

La Tabla 6-50 presenta los factores de emisión y absorción utilizados para la estimación de las emisiones y absorciones de GEI en la categoría 4.E. Asentamientos, indicando el depósito de carbono considerado, el tipo de factor aplicado, el nivel metodológico (Tier) y la fuente de información correspondiente para cada subcategoría.

Tabla 6-50. Asentamientos: Factores de emisión y absorción utilizados para la estimación de GEI.

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad
4.E.1. Asentamientos que permanecen como tales	IPCC, 2006, V.4, Ch.4.	Tier 1	Acumulación anual de carbono	CO_2	0,005	t C.año/árbol
4.E.1. Asentamientos que permanecen como tales	IPCC, 2006, V.4, Ch.4.	Tier 1	Fracción de carbono en biomasa seca	CO_2	0,47	Adimensional
4.E.1. Asentamientos que permanecen como tales	IPCC, 2006, V.4, Ch.1.	Tier 1	Factor de conversión C–CO_2	CO_2	3,6667	g CO_2.g/C
4.E.1. Asentamientos que permanecen como tales	Sistema Internacional de Unidades (SI)	Tier 1	Factor de conversión t–kt	CO_2	0,001	Kt/t
4.E.1. Asentamientos que permanecen como tales	IPCC, 2006, V.1.	Tier 1	Factor de resta de absorciones	CO_2	-1	Adimensional
4.E.1. Asentamientos que permanecen como tales	IPCC, 2006, V.4, Ch.4.	Tier 1	Tiempo de cultivo	CO_2	20	años
4.E.2.a. Tierras forestales convertidas a asentamientos	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión para los sumideros forestales de carbono a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque núcleo – Biomasa aérea (Andina)	CO_2	143,9106	t m.s/ha
4.E.2.a. Tierras forestales convertidas a asentamientos	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión para los sumideros forestales de carbono a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque núcleo – Biomasa subterránea (Andina)	CO_2	33,4313	t m.s/ha
4.E.2.a. Tierras forestales convertidas a asentamientos	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión para los	Tier 2	Bosque núcleo – Biomasa aérea (Caribe)	CO_2	189,5310	t m.s/ha

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad
	sumideros forestales de carbono a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)					
4.E.2.a. Tierras forestales convertidas a asentamientos	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión para los sumideros forestales de carbono a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque núcleo – Biomasa subterránea (Caribe)	CO_2	42,6380	t m.s/ha
4.E.2.a. Tierras forestales convertidas a asentamientos	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión para los sumideros forestales de carbono a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque núcleo – Biomasa aérea (Amazonía)	CO_2	263,6792	t m.s/ha
4.E.2.a. Tierras forestales convertidas a asentamientos	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión para los sumideros forestales de carbono a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque núcleo – Biomasa subterránea (Amazonía)	CO_2	58,6792	t m.s/ha
4.E.2.a. Tierras forestales convertidas a asentamientos	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión para los sumideros forestales de carbono a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque núcleo – Biomasa aérea (Pacífica)	CO_2	251,3820	t m.s/ha

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad
4.E.2.a. Tierras forestales convertidas a asentamientos	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión para los sumideros forestales de carbono a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque núcleo – Biomasa subterránea (Pacífica)	CO_2	55,6020	t m.s/ha
4.E.2.a. Tierras forestales convertidas a asentamientos	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión para los sumideros forestales de carbono a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque núcleo – Biomasa aérea (Orinoquía)	CO_2	128,6364	t m.s/ha
4.E.2.a. Tierras forestales convertidas a asentamientos	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión para los sumideros forestales de carbono a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque núcleo – Biomasa subterránea (Orinoquía)	CO_2	30,1007	t m.s/ha
4.E.2.a. Tierras forestales convertidas a asentamientos	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión para los sumideros forestales de carbono a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque borde – Biomasa aérea (Andina)	CO_2	70,5139	t m.s/ha
4.E.2.a. Tierras forestales convertidas a asentamientos	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión para los sumideros forestales de	Tier 2	Bosque borde – Biomasa subterránea (Andina)	CO_2	17,1678	t m.s/ha

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad
	carbono a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)					
4.E.2.a. Tierras forestales convertidas a asentamientos	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión para los sumideros forestales de carbono a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque borde – Biomasa aérea (Caribe)	CO_2	68,1558	t m.s/ha
4.E.2.a. Tierras forestales convertidas a asentamientos	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión para los sumideros forestales de carbono a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque borde – Biomasa subterránea (Caribe)	CO_2	16,5853	t m.s/ha
4.E.2.a. Tierras forestales convertidas a asentamientos	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión para los sumideros forestales de carbono a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque borde – Biomasa aérea (Amazonía)	CO_2	150,5067	t m.s/ha
4.E.2.a. Tierras forestales convertidas a asentamientos	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión para los sumideros forestales de carbono a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque borde – Biomasa subterránea (Amazonía)	CO_2	34,7725	t m.s/ha
4.E.2.a. Tierras forestales	Ideam (2023).	Tier 2	Bosque borde –	CO_2	209,6425	t m.s/ha

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad
convertidas a asentamientos	Cálculo de factores de emisión para los sumideros forestales de carbono a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)		Biomasa aérea (Pacífica)			
4.E.2.a. Tierras forestales convertidas a asentamientos	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión para los sumideros forestales de carbono a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque borde – Biomasa subterránea (Pacífica)	CO_2	46,8875	t m.s/ha
4.E.2.a. Tierras forestales convertidas a asentamientos	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión para los sumideros forestales de carbono a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque borde – Biomasa aérea (Orinoquía)	CO_2	81,6675	t m.s/ha
4.E.2.a. Tierras forestales convertidas a asentamientos	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión para los sumideros forestales de carbono a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque borde – Biomasa subterránea (Orinoquía)	CO_2	19,7124	t m.s/ha

Nota: La categoría 4.E. Asentamientos emplea factores de emisión y absorción específicos para Colombia cuando la información nacional se encuentra disponible. Para los depósitos de carbono y componentes en los que no existen factores específicos, se utilizan los valores por defecto recomendados en las Directrices del IPCC de 2006.

Fuente: Elaboración propia con base en el Inventario Forestal Nacional (IFN), el Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC), las Directrices del IPCC de 2006 y el Inventario Nacional de GEI de Colombia.

6.6.3 Descripción de flexibilidad aplicada en la categoría

No se aplica a flexibilidad para esta subcategoría.

6.6.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría

Tabla 6-51. Resultados de incertidumbre (%) por propagación del error para 4.E. Asentamientos

Subcategoría	Cont	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
4.E. Asentamientos	Total Emisión	7,2	8,2	14,1	26,9	28,6	28,1	11,1	10,0	11,7	14,7	12,2
4.E. Asentamientos	Total Absorción	19,8	19,8	19,8	19,8	17,5	17,5	17,5	12,3	12,3	12,3	12,3
4.E.1. Asentamientos que permanecen como tales	CO2	15,5	15,5	15,5	15,5	14,0	13,8	12,3	7,9	7,9	7,9	7,9
4.E.1. Asentamientos que permanecen como tales abs	CO2_abs	19,8	19,8	19,8	19,8	17,5	17,5	17,5	12,3	12,3	12,3	12,3

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 6-51 se presentan por separado los resultados de incertidumbre asociados a las emisiones y absorciones de la categoría 4.E. Asentamientos durante el periodo 1990-2024. La incertidumbre promedio histórica de las emisiones fue de ±18,06 %.

En 1990, la incertidumbre de las emisiones fue de ±7,15 %, mientras que en 2024 alcanzó ±12,22 %, lo que representa un aumento relativo del 70,87 %, equivalente a 5,07 puntos porcentuales. La serie presenta una elevada variabilidad y no muestra una tendencia uniforme durante todo el periodo.

Entre 1990 y 1999, la incertidumbre aumentó gradualmente de ±7,15 % a ±9,86 %. En 2000 alcanzó ±14,11 % y en 2001 aumentó hasta ±24,12 %. Posteriormente se mantuvo, con algunas fluctuaciones, por encima del 20 % hasta 2015. El valor máximo se registró en 2011, con ±30,50 %. A partir de 2016 se observa una reducción general, aunque con aumentos puntuales en 2018 y 2023. En 2024, la incertidumbre disminuyó frente al valor de ±14,71 % registrado en 2023.

Para 4.E.1. Asentamientos que permanecen como tales, la incertidumbre promedio histórica de las emisiones de CO_2 fue de ±14,26 %. Esta disminuyó de ±15,45 % en 1990 a ±7,86 % en 2024, lo que representa una reducción relativa del 49,11 %, equivalente a 7,59 puntos porcentuales. El valor máximo se presentó en 2008, con ±18,79 %, mientras que desde 2021 la incertidumbre se mantuvo constante en ±7,86 %.

Las absorciones presentan una incertidumbre promedio histórica de ±18,25 %. La incertidumbre disminuyó de ±19,84 % en 1990 a ±12,34 % en 2024, lo que representa una reducción relativa del 37,79 %, equivalente a 7,50 puntos porcentuales.

La evolución de la incertidumbre de las absorciones se produjo de forma escalonada. Entre 1990 y 2009 se mantuvo constante en ±19,84 %; entre 2010 y 2020 disminuyó a ±17,51 %; y desde 2021 se mantuvo en ±12,34 %. Este comportamiento indica cambios puntuales en los supuestos de incertidumbre aplicados a los datos de actividad o parámetros empleados, en lugar de variaciones anuales en dichos rangos.

6.6.5 AC/CC de la categoría

6.6.6 Nuevos cálculos de la categoría

No se realizaron nuevos cálculos para la categoría 4.E. Asentamientos con respecto a las estimaciones reportadas en el BTR1. Las metodologías, los datos de actividad, los factores de emisión y absorción, así como los procedimientos de cálculo utilizados para la elaboración del presente inventario, se mantuvieron sin modificaciones. Las diferencias observadas corresponden únicamente a la incorporación de la información disponible para los años más recientes de la serie temporal (2022–2024), sin que ello implique cambios metodológicos en las estimaciones de la categoría (Ideam, 2024).

Por lo anterior, las estimaciones correspondientes a la serie histórica 1990–2021 mantienen los mismos valores previamente reportados en el BTR1. Las estimaciones incorporadas para los años 2022–2024 corresponden únicamente a la actualización de la serie temporal y no modifican la metodología aplicada para la categoría 4.E. Asentamientos.

6.6.7 Mejoras planeadas de la categoría

Las mejoras planeadas para la presente categoría 4.E. Asentamientos se orientan en la consistencia temporal, trazabilidad, transparencia, coherencia y exhaustividad. Estas actividades priorizadas responden a las oportunidades de mejora identificadas a partir de los procesos de control de calidad (QA/QC), análisis de incertidumbre, resultados de talleres de socialización y la revisión de la disponibilidad de información sectorial, por otra parte, las recomendaciones formuladas desde el apoyo externo como CIAT y/o taller de metano CMNUCC. Su implementación se desarrollará bajo la premisa de articulación interinstitucional asegurando la coherencia con las Directrices del IPCC.

Las oportunidades de mejora específicas para esta categoría se presentan en la Tabla 6-52, en las cuales se detallan los periodos de implementación, los actores responsables y la priorización correspondiente para las diferentes subcategorías.

Tabla 6-52. Asentamientos. Plan de mejora

Subcategoría	Oportunidad de mejora	Periodo	Actores	Priorización
4.E. Asentamientos	Armonizar los mapas nacionales de suelos con las categorías del IPCC para identificar suelos minerales y orgánicos y desagregarlos por tipo de cobertura de asentamientos.	1990-2024	Ideam-SEA-Ecopetrol	BTR5
	Revisar y ajustar la reconstrucción de los datos faltantes de la categoría de asentamientos de conformidad con la orientación del IPCC siguiendo las técnicas del empalme	1990-2024	Ideam-SEA	BTR4
4.E.1. Asentamientos que permanecen como asentamientos	Desarrollar datos de actividad para ciudades adicionales a nivel nacional y compilar factores de emisión específicos del país.	1990-2024	Ideam-SEA Secretarías de Ambiente Corporaciones Autónomas Regionales Alcaldías locales	BTR3
	Desarrollar una metodología para la recopilación de datos de actividad en asentamientos. Consolidar información de más ciudades a nivel nacional, con base en las metas y objetivos nacionales de mitigación en esta área.	1990-2024	Ideam-SEA Secretarías de Ambiente Corporaciones Autónomas Regionales Alcaldías locales	BTR4
4.E.2.a. Terrenos forestales convertidos en asentamientos	Determinar usos del suelo y cambios de uso del suelo utilizando el mapa de cobertura del suelo CORINE Land Cover.	1990-2024	Ideam-SEA	BTR5
4.E.(I), 4.E.(II) and 4.E.(III)	Compilar los datos de actividad e incluir estimaciones de emisiones de N_2O por mineralización/inmovilización, emisiones y remociones por drenaje y rehumectación, y emisiones directas de N_2O por aportes de nitrógeno en suelos gestionados, asegurando la consistencia con el reporte existente del sector Agricultura cuando corresponda.	1990-2024	Ideam-SEA	BTR5

Fuente: Elaboración propia

6.7 Otras tierras (CRT 4.F)

6.7.1 Descripción y tendencia de las emisiones y absorciones atmosféricas de la categoría

La categoría 4.F. Otras tierras comprenden las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero (GEI) asociadas a los cambios en las existencias de carbono derivados de la conversión de otras categorías de uso de la tierra hacia superficies clasificadas como otras tierras, de conformidad con las Directrices del IPCC de 2006 (IPCC, 2006a). Para el Inventario Nacional de GEI de Colombia, esta categoría está representada exclusivamente por la subcategoría 4.F.2.a. Tierras forestales convertidas a otras tierras, la cual incluye las pérdidas de carbono ocasionadas por la conversión de bosque natural hacia superficies que no corresponden a tierras forestales, tierras de cultivo, pastizales, humedales o asentamientos. Estas áreas corresponden principalmente a superficies desprovistas de cobertura vegetal permanente o con escasa capacidad de acumulación de carbono, razón por la cual la conversión genera emisiones netas de CO_2.

En el presente inventario únicamente se estiman emisiones para la subcategoría 4.F.2.a. Tierras forestales convertidas a otras tierras, correspondiente a la conversión de coberturas forestales hacia superficies clasificadas como otras tierras.

La Tabla 6-53 presenta las emisiones de GEI de la categoría 4.F. Otras tierras para los años seleccionados de la serie temporal 1990–2024, desagregadas por categoría y subcategoría. Debido a que únicamente se reporta la subcategoría 4.F.2.a. Tierras forestales convertidas a otras tierras, las emisiones totales de la categoría corresponden directamente a las emisiones estimadas para dicha transición de uso de la tierra.

Tabla 6-53. Otras tierras: Emisiones de GEI por categoría y subcategoría (kt CO_2eq)

Subcategoría	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
4.F.2. Tierras convertidas a otras tierras	551,5	654,0	497,4	290,1	609,3	426,1	835,8	878,5	805,3	598,4	673,3
4.F.2.a. Tierras forestales convertidas a otras tierras	551,5	654,0	497,4	290,1	609,3	426,1	835,8	878,5	805,3	598,4	673,3
4.F. Otras tierras	**551,5**	**654,0**	**497,4**	**290,1**	**609,3**	**426,1**	**835,8**	**878,5**	**805,3**	**598,4**	**673,3**

Nota: Los valores corresponden a las emisiones de CO_2 estimadas para los años seleccionados de la serie temporal 1990–2024.

Fuente: Elaboración propia

La tendencia de las emisiones netas durante el periodo 1990–2024, en donde se registró el incremento de las emisiones netas de 551,5 kt CO_2eq a 673,3 kt CO_2eq. Presentan una alta variabilidad, asociada a las fluctuaciones en las superficies de bosque natural convertidas a otras tierras. Aunque se observan incrementos y reducciones interanuales, la tendencia refleja la dinámica de los cambios de uso del suelo registrados en el país durante la serie temporal(Ideam, 2024).

En 2024, la categoría 4.F. Otras tierras registraron emisiones netas de 673,3 kt CO_2eq, correspondientes en su totalidad a la subcategoría 4.F.2.a. Tierras forestales convertidas a otras tierras. En comparación con 2021 (878,5 kt CO_2eq), las emisiones de la categoría disminuyeron un 23,4 %, como resultado de la reducción de las áreas de tierras forestales convertidas a otras tierras durante el periodo 2021–2024 (Ideam, 2024).

La Figura 6-19 complementa la información presentada en la Tabla 6-53, mostrando la distribución porcentual de las emisiones por subcategoría para el año 2024 y la evolución de las emisiones durante toda la serie temporal 1990–2024. Se observa que el 100 % de las emisiones reportadas para la categoría corresponde a la subcategoría 4.F.2.a. Tierras forestales convertidas a otras tierras, al no reportarse emisiones para las demás conversiones contempladas en las Tablas de Reporte Común (CRT). Asimismo, la serie histórica evidencia la variabilidad anual de las emisiones, estrechamente relacionada con la dinámica de conversión de bosque natural hacia superficies clasificadas como otras tierras.

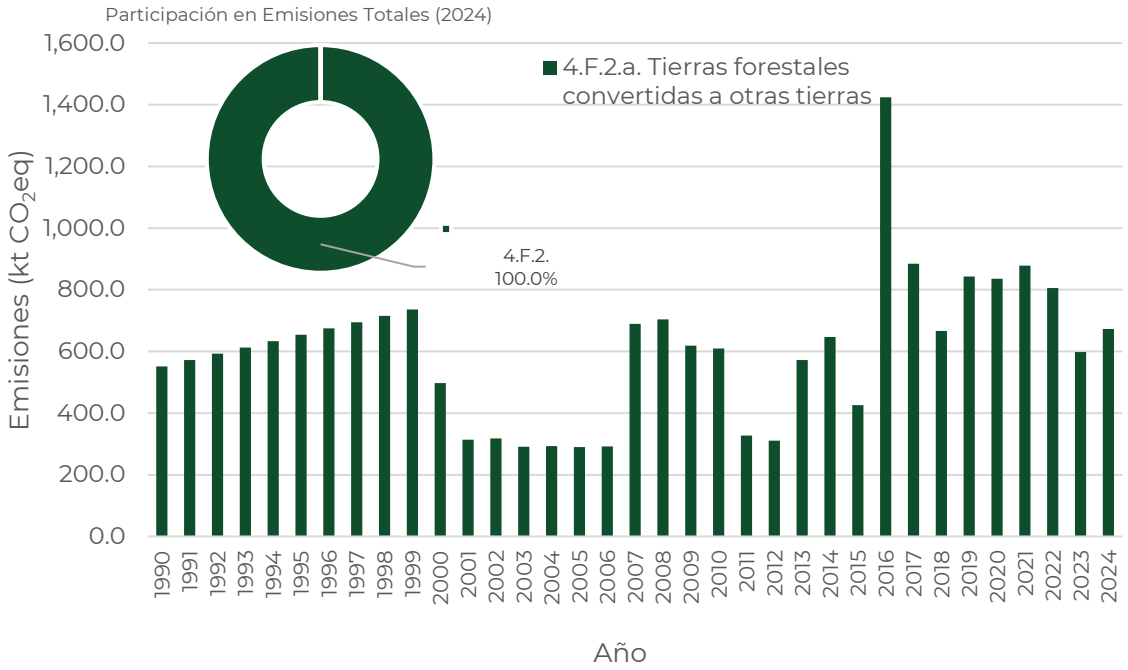


Figura 6-19. 4.F: Emisiones totales de GEI por subcategoría (kt CO_2eq), 1990–2024.

Nota: La figura presenta la evolución temporal de las emisiones de CO_2 de la categoría 4.F. Otras tierras durante el periodo 1990–2024, así como la participación de la subcategoría 4.F.2.a. Tierras forestales convertidas a otras tierras en el balance de emisiones de la categoría para el año 2024.

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 6-54 presenta las emisiones totales de gases de efecto invernadero (GEI) de la categoría 4.F. Otras tierras para los años seleccionados de la serie temporal 1990–2024. Los resultados muestran que únicamente se estiman emisiones de dióxido de carbono (CO_2), asociadas a los cambios en las existencias de carbono de la biomasa viva, la materia orgánica muerta y el carbono orgánico del suelo derivados de la conversión de tierras forestales hacia otras tierras. Los demás gases de efecto invernadero se reportan mediante las claves de notación correspondientes, de conformidad con las Directrices del IPCC de 2006 y las Tablas de Reporte Común (CRT) (IPCC, 2006b; UNFCCC, 2024).

Tabla 6-54. Otras tierras: Emisiones totales de GEI (kt CO_2eq)

GEI	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
CO_2	**551,5**	**654,0**	**497,4**	**290,1**	**609,3**	**426,1**	**835,8**	**878,5**	**805,3**	**598,4**	**673,3**
CH_4	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
N_2O	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
HFC	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
PFC	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
SF_6	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
NF_3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Total	**551,5**	**654,0**	**497,4**	**290,1**	**609,3**	**426,1**	**835,8**	**878,5**	**805,3**	**598,4**	**673,3**

Nota: Para esta categoría únicamente se estiman emisiones y absorciones de CO_2.

Fuente: Elaboración propia

En la categoría 4.F. Otras tierras únicamente se estiman emisiones de CO_2 asociadas a los cambios en las existencias de carbono de la biomasa viva, la materia orgánica muerta y el carbono orgánico del suelo derivados

de la conversión de tierras forestales hacia otras tierras. No aplica la estimación de emisiones de CH_4, N_2O, HFC, PFC, SF_6 ni NF_3 para esta categoría(UNFCCC, 2024).

Para la categoría 4.F. Otras tierras no se reportan emisiones de carbono negro (CN) ni contaminantes criterio (CR). Las metodologías aplicadas se enfocan exclusivamente en la estimación de las emisiones de CO_2 asociadas a los cambios en las existencias de carbono ocasionados por la conversión de tierras forestales hacia otras tierras, de conformidad con las Directrices del IPCC de 2006 (IPCC, 2006b).

Las emisiones de carbono negro y contaminantes criterio asociadas a procesos de combustión de biomasa se estiman y reportan de manera independiente en la categoría 4(IV). Quema de biomasa. En consecuencia, las tablas y figuras correspondientes al reporte de carbono negro y contaminantes criterio no aplican para la categoría 4.F. Otras tierras, por lo que estas sustancias se reportan mediante la clave de notación NA, de acuerdo con las Tablas de Reporte Común (CRT).

6.7.2 Aspectos metodológicos de la categoría

La estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de la categoría 4.F. Otras tierras se realizaron de conformidad con las Directrices del IPCC de 2006 para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero, Volumen 4 Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra (AFOLU), Capítulo 2, aplicando el método de cambio en las existencias de carbono para cuantificar las emisiones asociadas a la conversión de tierras forestales hacia otras tierras.

Para Colombia, la categoría está representada únicamente por la subcategoría 4.F.2.a. Tierras forestales convertidas a otras tierras, en la cual se estiman las pérdidas de carbono de la biomasa viva, la materia orgánica muerta y el carbono orgánico del suelo ocasionadas por el cambio de uso de la tierra. La estimación se realizó mediante el enfoque de pérdidas y ganancias recomendado por las Directrices del IPCC de 2006, considerando las variaciones en las existencias de carbono derivadas de la conversión de bosque natural hacia superficies clasificadas como otras tierras (IPCC, 2006b).

Los cálculos fueron desarrollados mediante las hojas de cálculo del Inventario Nacional de GEI, integrando y armonizando información proveniente del Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC), el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), el Ideam y demás fuentes oficiales empleadas en la construcción de la serie temporal del inventario (Ideam, 2021, Ideam, 2021; IGAC, 2014).

La Tabla 6-55 presenta los aspectos metodológicos utilizados para la estimación de las emisiones de GEI de la categoría 4.F. Otras tierras.

Tabla 6-55. Otras tierras: Aspectos metodológicos para la estimación de GEI

Subcategoría	Contaminante	Nivel (Tier)	No. ecuación	Ecuación	Fuente
4.F.2.a. Tierras forestales convertidas a otras tierras	CO_2	2	V. 4, Ch. 2, Ec. 2.15, 2.16, 2.18 y 2.25	$\Delta C_B = \Delta C_G + \Delta Conversión - \Delta C_L$ Dónde: ΔC_B = Variación anual de las reservas de carbono de la biomasa. t C/año ΔC_G = Aumento anual de las reservas de carbono de la biomasa. t C/año ΔC_L = Disminución anual de las reservas de carbono de la biomasa. t C/año $\Delta C_{conversión} = \Sigma\left(\left(B_{después} - B_{antes}\right) * \Delta A_{otras}\right) * CF$ Dónde: $B_{después=}$ Existencia de biomasa en tipo tierra i antes de la conversión. t.d.m/ha. $B_{antes=}$ Existencia de biomasa en tipo tierra i antes de la conversión. t.d.m/ha. $\Delta A_{otras=}$ Superficie de uso de la tierra i convertida a otra categoría de uso. ha/año. CF =Fracción de carbono de la materia seca. t C/(t m.s). $\Delta C_{DOM} = A * \left((DOM_{in} - DOM_{out}) * CF\right)$ Donde: ΔC_{DOM} = cambio anual en las existencias de carbono de los depósitos de madera muerta/hojarasca. t C/año. A = superficie de tierra gestionada. ha DOM_{in} = transferencia anual promedio de biomasa al depósito de madera muerta/hojarasca debido a procesos y perturbaciones anuales t d.m/ha.año. DOM_{out} = pérdida de carbono promedio anual por descomposición y perturbaciones procedente de	IPCC, 2006

Subcategoría	Contaminante	Nivel (Tier)	No. ecuación	Ecuación	Fuente
				depósitos de madera muerta o de hojarasca. t d.m/. ha.año. *CF* = fracción de carbono de materia seca. t.C/(t d.m.). $\Delta C_{Minerales} = \left((SOC_0 - SOC_{(0-T)})/D\right)$ Dónde: $SOC_{0=}$ Existencia de carbono orgánico en suelos en el último año de un periodo en el inventario. t.C $SOC_{0-T=}$ Existencia de carbono orgánico en suelos al comienzo de un periodo en el inventario. t.C $D_=$ Cantidad de tiempo de un periodo dado. $SOC = \Sigma\ (SOC_{REF} * F_{LU} * F_{MG} * F_I * A)$ Dónde: $F_{LU=}$ Factor de cambio de existencias para sistemas de uso de la tierra. $F_{MG=}$ Factor de cambio de existencias para regímenes de gestión. $F_{LU=}$ Factor de cambio de existencias para el aporte de materia orgánica.	

Nota: Para la categoría 4.F. Otras tierras únicamente se estiman emisiones de CO_2 asociadas a la conversión de tierras forestales hacia otras tierras.

Fuente: Elaboración propia

Las metodologías aplicadas permiten estimar las emisiones de la categoría 4.F. Otras tierras de manera consistente para la serie temporal 1990–2024, garantizando la comparabilidad, transparencia y coherencia metodológica del Inventario Nacional de GEI, de conformidad con las Directrices del IPCC de 2006 (IPCC, 2006b).

6.7.2.1 Datos de actividad de la categoría

Los datos de actividad utilizados para la estimación de las emisiones de GEI en la categoría 4.F. Otras tierras corresponden a las superficies (ha) derivadas de las matrices nacionales de cambio de uso de la tierra, asociadas a las tierras forestales convertidas a otras tierras. Estas superficies fueron identificadas mediante el análisis multitemporal de cambios de cobertura desarrollado por el Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC) y armonizadas para garantizar la consistencia metodológica y temporal del Inventario Nacional de GEI (Castellanos, 2021; Ideam, 2021).

Para la subcategoría 4.F.2.a. Tierras forestales convertidas a otras tierras, los datos de actividad corresponden a las superficies de bosque natural (bosque núcleo y bosque borde), de acuerdo con la clasificación empleada por el Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC)(Ideam, 2021), convertidas a otras tierras y utilizadas para estimar las pérdidas de carbono ocasionadas por este cambio de uso del suelo.

Con el propósito de garantizar la coherencia de la serie temporal 1990–2024, los datos de actividad fueron sometidos a procesos de validación, armonización y control de calidad, verificando su consistencia espacial, temporal y metodológica con las bases de cálculo del Inventario Nacional de GEI y con las categorías de uso de la tierra establecidas en las Directrices del IPCC de 2006 (IPCC, 2006a). La Tabla 6-56 presenta las principales fuentes de datos de actividad utilizadas para la estimación de las emisiones de GEI de la categoría 4.F. Otras tierras.

Tabla 6-56. Otras tierras: Fuentes de datos de actividad utilizadas para la estimación de las emisiones de GEI

Subcategoría	Dato de actividad	Periodo	Fuente de información	Comentarios
4.F.2.a. Tierras forestales convertidas a otras tierras	Superficie de cambio de uso de la tierra (ha)	1990–2024	SMByC – Ideam	Áreas de bosque natural convertidas a otras tierras utilizadas para estimar las pérdidas de carbono.

Fuente: Elaboración propia con base en el Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC), el Ideam y el Inventario Nacional de GEI de Colombia.

La Tabla 6-57 presenta los datos de actividad utilizados para la estimación de las emisiones de GEI de la categoría 4.F. Otras tierras durante el periodo 1990–2024. Los valores corresponden a las variables de entrada empleadas en las bases de cálculo del Inventario Nacional de GEI para la subcategoría 4.F.2.a. Tierras forestales convertidas a otras tierras, incluyendo las superficies de bosque natural (bosque núcleo y bosque borde) y las fracciones de área convertidas utilizadas para estimar los cambios en las existencias de carbono (Ideam, 2021).

Tabla 6-57. Otras tierras: Datos de actividad utilizados para la estimación de las emisiones de GEI, 1990–2024

Año	4.F.2.a. Tierras forestales convertidas a otras tierras			
	Área de bosque natural (borde) ha	Área de bosque natural (núcleo) ha	Fracción de área de bosque natural (borde) convertida a tierras inundadas Porcentaje (decimal)	Fracción de área de bosque natural (núcleo) convertida a tierras inundadas Porcentaje (decimal)
1990	202.574,8	62.866,2	0,040	0,040
1991	202.574,8	62.866,2	0,040	0,040
1992	202.574,8	62.866,2	0,040	0,040
1993	202.574,8	62.866,2	0,040	0,040
1994	202.574,8	62.866,2	0,040	0,040
1995	202.574,8	62.866,2	0,040	0,040
1996	202.574,8	62.866,2	0,040	0,040
1997	202.574,8	62.866,2	0,040	0,040
1998	202.574,8	62.866,2	0,040	0,040
1999	202.574,8	62.866,2	0,040	0,040
2000	150.368,5	49.911,6	0,028	0,028
2001	98.162,2	36.957,1	0,016	0,016
2002	98.162,2	36.957,1	0,016	0,016
2003	132.263,8	46.837,8	0,011	0,011
2004	132.263,8	46.837,8	0,011	0,011
2005	100.816,5	37.757,1	0,019	0,019
2006	100.816,5	37.757,1	0,019	0,019
2007	102.886,0	37.235,0	0,079	0,079
2008	102.886,0	37.235,0	0,079	0,079
2009	87.724,6	32.791,9	0,098	0,098
2010	87.724,6	32.791,9	0,098	0,098
2011	99.578,1	40.194,2	0,025	0,025
2012	99.578,1	40.194,2	0,025	0,025
2013	93.471,9	22.655,0	0,141	0,141
2014	108.701,1	28.610,8	0,067	0,067
2015	97.283,3	26.551,2	0,042	0,042
2016	132.867,7	44.870,1	0,095	0,095
2017	151.986,8	67.501,0	0,095	0,095
2018	131.759,4	65.345,7	0,083	0,083
2019	108.429,0	50.411,0	0,087	0,087
2020	113.510,9	58.141,1	0,087	0,087
2021	114.861,1	59.206,9	0,087	0,087
2022	86.432,6	37.019,8	0,087	0,087
2023	54.781,6	24.474,7	0,087	0,087
2024	76.110,7	37.497,2	0,087	0,087

Nota: Los valores corresponden a los datos de actividad utilizados como variables de entrada para la estimación de las emisiones de GEI de la categoría 4.F. Otras tierras durante el periodo 1990–2024. Los datos incluyen las superficies de bosque natural (bosque núcleo y bosque borde) y las fracciones de área convertidas a otras tierras empleadas en las bases de cálculo del Inventario Nacional de GEI.

Fuente: Elaboración propia con base en el Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC), el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y el Inventario Nacional de GEI de Colombia.

6.7.2.2 Factores de emisión aplicados en la categoría

Los factores de emisión utilizados para la estimación de las emisiones de GEI de la categoría 4.F. Otras tierras corresponden principalmente a factores específicos para Colombia derivados de información nacional sobre existencias de carbono en biomasa forestal, complementados con factores por defecto recomendados por las Directrices del IPCC de 2006 para aquellos depósitos de carbono en los que no se dispone de información país-específica. La selección de los factores se realizó de acuerdo con el depósito de carbono considerado, el nivel metodológico aplicado y la disponibilidad de información nacional para cada componente evaluado (Ideam, 2024; IPCC, 2006b).

Los factores utilizados representan los cambios en las existencias de carbono de la biomasa viva, la materia orgánica muerta y el carbono orgánico del suelo asociados a la conversión de tierras forestales hacia otras tierras considerada en el Inventario Nacional de GEI.

La utilización de factores nacionales permite representar de manera más adecuada las condiciones biofísicas de los ecosistemas forestales colombianos y mejora la representatividad de las estimaciones frente al uso exclusivo de factores por defecto del IPCC. Asimismo, el empleo de información nacional contribuye a reducir la incertidumbre de las estimaciones y fortalecer la consistencia de los resultados reportados para la categoría. La Tabla 6-58 presenta los factores de emisión y absorción utilizados para la estimación de las emisiones de GEI en la categoría 4.F. Otras tierras(Ideam, 2021).

Tabla 6-58. Otras tierras: Factores de emisión y absorción utilizados para la estimación de GEI

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad
4.F.2.a. Tierras forestales convertidas a otras tierras	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión para los sumideros forestales de carbono a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque núcleo – Biomasa aérea (Andina)	CO_2	143,9106	t m.s/ha
4.F.2.a. Tierras forestales convertidas a otras tierras	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión para los sumideros forestales de carbono a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque núcleo – Biomasa subterránea (Andina)	CO_2	33,4313	t m.s/ha
4.F.2.a. Tierras forestales convertidas a otras tierras	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión para los sumideros forestales de carbono a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque núcleo – Biomasa aérea (Caribe)	CO_2	189,5310	t m.s/ha
4.F.2.a. Tierras forestales convertidas a otras tierras	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión para los sumideros forestales de carbono a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque núcleo – Biomasa subterránea (Caribe)	CO_2	42,6380	t m.s/ha
4.F.2.a. Tierras forestales convertidas a otras tierras	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión para los sumideros forestales de carbono a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque núcleo – Biomasa aérea (Amazonía)	CO_2	263,6792	t m.s/ha
4.F.2.a. Tierras forestales convertidas a otras tierras	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión para los sumideros forestales de carbono a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque núcleo – Biomasa subterránea (Amazonía)	CO_2	58,6792	t m.s/ha
4.F.2.a. Tierras forestales	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión para los sumideros	Tier 2	Bosque núcleo – Biomasa	CO_2	251,3820	t m.s/ha

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad
convertidas a otras tierras	forestales de carbono a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)		aérea (Pacífica)			
4.F.2.a. Tierras forestales convertidas a otras tierras	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión para los sumideros forestales de carbono a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque núcleo – Biomasa subterránea (Pacífica)	CO_2	55,6020	t m.s/ha
4.F.2.a. Tierras forestales convertidas a otras tierras	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión para los sumideros forestales de carbono a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque núcleo – Biomasa aérea (Orinoquía)	CO_2	128,6364	t m.s/ha
4.F.2.a. Tierras forestales convertidas a otras tierras	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión para los sumideros forestales de carbono a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque núcleo – Biomasa subterránea (Orinoquía)	CO_2	30,1007	t m.s/ha
4.F.2.a. Tierras forestales convertidas a otras tierras	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión para los sumideros forestales de carbono a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque borde – Biomasa aérea (Andina)	CO_2	70,5139	t m.s/ha
4.F.2.a. Tierras forestales convertidas a otras tierras	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión para los sumideros forestales de carbono a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque borde – Biomasa subterránea (Andina)	CO_2	17,1678	t m.s/ha
4.F.2.a. Tierras forestales convertidas a otras tierras	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión para los sumideros forestales de carbono a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque borde – Biomasa aérea (Caribe)	CO_2	68,1558	t m.s/ha
4.F.2.a. Tierras forestales convertidas a otras tierras	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión para los sumideros forestales de carbono a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque borde – Biomasa subterránea (Caribe)	CO_2	16,5853	t m.s/ha
4.F.2.a. Tierras forestales convertidas a otras tierras	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión para los sumideros forestales de carbono a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque borde – Biomasa aérea (Amazonía)	CO_2	150,5067	t m.s/ha
4.F.2.a. Tierras forestales convertidas a otras tierras	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión para los sumideros forestales de carbono a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque borde – Biomasa subterránea (Amazonía)	CO_2	34,7725	t m.s/ha
4.F.2.a. Tierras forestales convertidas a otras tierras	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión para los sumideros forestales de carbono a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque borde – Biomasa aérea (Pacífica)	CO_2	209,6425	t m.s/ha

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad
4.F.2.a. Tierras forestales convertidas a otras tierras	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión para los sumideros forestales de carbono a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque borde – Biomasa subterránea (Pacífica)	CO_2	46,8875	t m.s/ha
4.F.2.a. Tierras forestales convertidas a otras tierras	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión para los sumideros forestales de carbono a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque borde – Biomasa aérea (Orinoquía)	CO_2	81,6675	t m.s/ha
4.F.2.a. Tierras forestales convertidas a otras tierras	Ideam (2023). Cálculo de factores de emisión para los sumideros forestales de carbono a partir del Inventario Forestal Nacional (IFN)	Tier 2	Bosque borde – Biomasa subterránea (Orinoquía)	CO_2	19,7124	t m.s/ha

Nota: La categoría 4.F. Otras tierras utiliza factores de emisión específicos para Colombia cuando se dispone de información nacional. Para los depósitos de carbono en los que no existen factores específicos para el país, se emplean los factores por defecto recomendados por las Directrices del IPCC de 2006.

Fuente: Elaboración propia con base en el Inventario Forestal Nacional (IFN), el Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC), las Directrices del IPCC de 2006 y el Inventario Nacional de GEI de Colombia.

6.7.3 Descripción de flexibilidad aplicada en la categoría

No se aplica a flexibilidad para esta subcategoría.

6.7.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría

Tabla 6-59. Resultados de incertidumbre (%) por propagación del error para 4.F. Otras tierras

Subcategoría	Cont	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
4.F. Otras tierras	Total Emisión	6,6	7,2	11,1	19,4	10,6	11,5	7,5	6,3	7,1	8,9	8,3
4.F.2. Tierras convertidas a otras tierras	CO2	6,6	7,2	11,1	19,4	10,6	11,5	7,5	6,3	7,1	8,9	8,3
4.F.2.a. Tierras forestales convertidas a otras tierras	CO2	6,6	7,2	11,1	19,4	10,6	11,5	7,5	6,3	7,1	8,9	8,3

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 6-59 se presentan los resultados de incertidumbre para la categoría 4.F. Otras tierras durante el periodo 1990-2024. La incertidumbre promedio histórica fue de ±10,50 %. En 1990, la incertidumbre fue de ±6,57 %, mientras que en 2024 alcanzó ±8,31 %, lo que representa un aumento relativo del 26,47 %, equivalente a 1,74 puntos porcentuales.

Entre 1990 y 1999 se observa un aumento gradual de la incertidumbre, desde ±6,57 % hasta ±8,51 %. A partir de 2000 se presentó un incremento más marcado y en 2006 se alcanzó el valor máximo de la serie, con ±19,48 %. Posteriormente, la incertidumbre mostró un comportamiento fluctuante y disminuyó hasta alcanzar el valor mínimo en 2016, con ±5,93 %.

En los años recientes, la incertidumbre pasó de ±6,33 % en 2021 a ±7,10 % en 2022 y ±8,91 % en 2023. En 2024 disminuyó ligeramente hasta ±8,31 %, aunque este valor continúa siendo superior al registrado al inicio de la serie.

La totalidad de las emisiones de esta categoría corresponde a CO_2 proveniente de 4.F.2.a. Tierras forestales convertidas a otras tierras. Por esta razón, los resultados de incertidumbre de 4.F, 4.F.2 y 4.F.2.a coinciden durante toda la serie. Las fluctuaciones observadas reflejan los cambios anuales en los datos y parámetros empleados para estimar la conversión de tierras forestales hacia la categoría otras tierras.

6.7.5 AC/CC de la categoría

6.7.6 Nuevos cálculos de la categoría

No se realizaron nuevos cálculos para la categoría 4.F. Otras tierras con respecto a las estimaciones reportadas en el BTR1. Las metodologías, los datos de actividad, los factores de emisión y los procedimientos de cálculo utilizados para la elaboración del presente inventario se mantuvieron sin modificaciones. Las diferencias observadas corresponden únicamente a la incorporación de la información disponible para los años más recientes de la serie temporal (2022–2024), sin que ello implique cambios metodológicos en las estimaciones de la categoría.

En consecuencia, la serie histórica 1990–2021 no presenta modificaciones derivadas de cambios metodológicos, corrección de errores identificados o implementación de recomendaciones provenientes de procesos de revisión técnica. Las diferencias respecto al BTR1 corresponden exclusivamente a la incorporación de las estimaciones para los años 2022–2024.

Por lo anterior, las estimaciones correspondientes a la serie histórica 1990–2021 mantienen los mismos valores previamente reportados en el BTR1. Las estimaciones incorporadas para los años 2022–2024 corresponden únicamente a la actualización de la serie temporal y no modifican la metodología aplicada para la categoría 4.F. Otras tierras.

6.7.7 Mejoras planeadas de la categoría

Las mejoras planeadas para la presente categoría 4.F. Otras tierras se orientan en la trazabilidad, transparencia, coherencia y exhaustividad. Estas actividades priorizadas responden a las oportunidades de mejora identificadas a partir de los procesos de control de calidad (QA/QC), análisis de incertidumbre, resultados de talleres de socialización y la revisión de la disponibilidad de información sectorial, por otra parte, las recomendaciones formuladas desde el apoyo externo como CIAT y/o taller de metano CMNUCC. Su implementación se desarrollará bajo la premisa de articulación interinstitucional asegurando la coherencia con las Directrices del IPCC.

Las oportunidades de mejora específicas para esta categoría se presentan en la Tabla 6-60, en las cuales se detallan los periodos de implementación, los actores responsables y la priorización correspondiente para las diferentes subcategorías.

Tabla 6-60. Otras tierras: Plan de mejora

Subcategoría	Oportunidad de mejora	Periodo	Actores	Priorización
4.F. Otras tierras	Armonizar los mapas nacionales de suelos con las categorías del IPCC para identificar suelos minerales y orgánicos y desagregarlos por tipo de cobertura dentro de la categoría “Otras tierras”.	1990-2024	Ideam-SEA-Ecopetrol	BTR5
4.F.2.a.Tierras forestales convertidas a otras tierras	Estimar las emisiones originadas por la madera aprovechada en bosques naturales y plantaciones forestales comerciales y reportarlas bajo la categoría de productos de madera cosechada (HWP) para asegurar la consistencia entre reservorios.	1990-2024	Ideam-SEA Ideam-SMByC	BTR5

Fuente: Elaboración propia

6.8 Productos de la madera recolectada (CRT 4.G)

6.8.1 Descripción y tendencia de las emisiones y absorciones atmosféricas de la categoría

La categoría 4.G. Productos de la madera recolectada (Harvested Wood Products, HWP) comprende las estimaciones de las emisiones y absorciones de dióxido de carbono (CO_2) asociadas al carbono almacenado

temporalmente en productos derivados de la madera obtenida de bosques aprovechados. De acuerdo con las Directrices del IPCC de 2006, esta categoría reconoce que una fracción del carbono contenido en la biomasa forestal permanece almacenada durante distintos periodos de tiempo en productos de madera antes de ser liberada nuevamente a la atmósfera (IPCC, 2006, IPCC, 2019). En el Inventario Nacional de GEI de Colombia se estiman las emisiones y absorciones correspondientes al consumo doméstico de productos de madera recolectada, considerando las subcategorías de madera aserrada, paneles de madera y papel y cartón, de conformidad con el método de descomposición de primer orden (First Order Decay, FOD) recomendado por el IPCC (Ideam, 2024; IPCC, 2006b).

Las estimaciones se realizaron aplicando el enfoque de producción (Production Approach), mediante el cual el carbono almacenado en los productos de madera recolectada se atribuye a la producción nacional de madera proveniente de bosques aprovechados. Este enfoque considera la dinámica de almacenamiento y liberación gradual del carbono contenido en los productos maderables durante su vida útil, de conformidad con las Directrices del IPCC de 2006 (IPCC, 2006, IPCC, 2019).

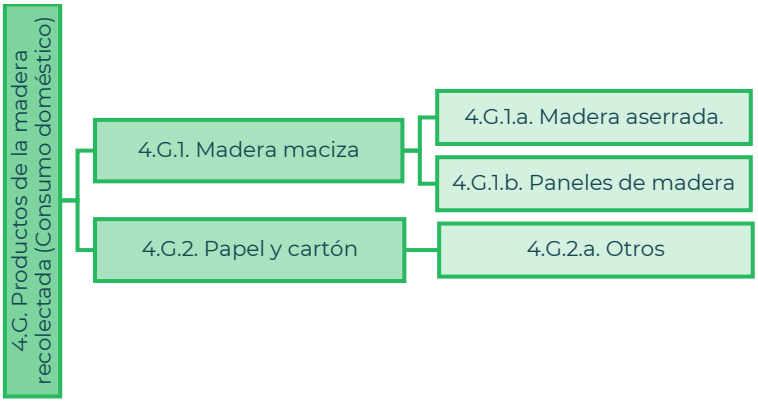


Figura 6-20. 4.G: Estructura de categorías y subcategorías de Productos de la madera recolectada.

Fuente: Elaboración propia

La categoría 4.G está conformada por las siguientes subcategorías reportadas en las Tablas de Reporte Común (CRT) (UNFCCC, 2024), como se muestra en la Figura 6-20.

La Tabla 6-61 presenta las emisiones y absorciones de GEI de la categoría 4.G. Productos de la madera recolectada para los años seleccionados de la serie temporal 1990–2024. Los resultados se desagregan por categoría y subcategoría, permitiendo identificar la contribución de la madera maciza y del papel y cartón al balance nacional de carbono almacenado en productos de madera.

Tabla 6-61. Productos de la madera recolectada: Emisiones y absorciones de GEI por categoría y subcategoría (kt CO_2eq).

Etiquetas de fila	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
4.G.1. Madera maciza	-68,7	79,1	104,3	217,4	-122,0	28,3	264,7	361,4	355,0	347,9	341,0
4.G.1.a. Madera aserrada	-58,0	82,9	142,0	277,3	18,4	208,7	276,8	346,5	340,1	333,4	326,9
4.G.1.b. Paneles de madera	-10,8	-3,8	-37,7	-60,0	-140,3	-180,4	-12,1	14,9	15,0	14,5	14,1
4.G.2. Papel y cartón	65,8	-130,6	67,8	-128,2	-157,3	-115,8	51,9	7,5	6,3	4,4	3,1
4.G.2.a. Otros	65,8	-130,6	67,8	-128,2	-157,3	-115,8	51,9	7,5	6,3	4,4	3,1
4.G. Productos de la madera recolectada (Consumo doméstico)	**-2,9**	**-51,5**	**172,0**	**89,2**	**-279,3**	**-87,6**	**316,6**	**368,9**	**361,3**	**352,4**	**344,2**

Nota: Los valores negativos corresponden a absorciones netas de CO_2, mientras que los valores positivos representan emisiones netas de CO_2. Las estimaciones se realizaron para los años seleccionados de la serie temporal 1990–2024 de conformidad con las Directrices del IPCC de 2006.

Fuente: Elaboración propia

La tendencia de las emisiones netas durante la serie temporal 1990–2024, se observa una transición entre periodos de absorción y periodos de emisión neta donde se registró de -2.9 kt CO_2eq a 344,2 kt CO_2eq, oscilan

entre absorciones -68,7 kt CO_2eq a 0 kt CO_2eq, así mismo las emisiones varían entre 65,8 kt CO_2eq a 344,2 kt CO_2eq. Reflejando la dinámica del carbono almacenado en los productos de madera recolectada. Las absorciones se presentan cuando las entradas de carbono a los productos superan las liberaciones por descomposición, mientras que las emisiones netas predominan cuando la liberación gradual del carbono almacenado excede las nuevas incorporaciones. Este comportamiento es consistente con la aplicación del modelo de descomposición de primer orden (First Order Decay, FOD) recomendado por las Directrices del IPCC de 2006 (IPCC, 2006, IPCC, 2019).

En 2024, las emisiones netas de CO_2 de la categoría ascendieron a 344,2 kt CO_2eq, lo que representa una disminución del 6,7 % respecto a 2021 (368,9 kt CO_2eq). Desde el año 2021 las absorciones con valores de 0 kt CO_2eq debido al decrecimiento en la producción de la industria de la madera. Asimismo, en comparación con 2023 (352,4 kt CO_2eq), las emisiones disminuyeron un 2,3 %, reflejando la dinámica del carbono almacenado y liberado gradualmente por los productos de madera recolectada durante su vida útil (Ideam, 2024).

En 2024, la categoría 4.G. Productos de la madera recolectada registró emisiones netas de 344,2 kt CO_2eq, correspondientes exclusivamente a emisiones de CO_2 derivadas de la liberación gradual del carbono almacenado en productos de madera utilizados para consumo doméstico. La mayor contribución provino de la subcategoría 4.G.1.a. Madera aserrada (326,9 kt CO_2eq), seguida por los paneles de madera (14,1 kt CO_2eq) y el papel y cartón (3,1 kt CO_2eq). Las restantes subcategorías no presentaron estimaciones y fueron reportadas mediante las claves de notación correspondientes de las CRT (Ideam, 2024; UNFCCC, 2024).

La Figura 6-21 presenta la distribución porcentual de las emisiones de GEI por subcategoría para 2024 y la evolución de las emisiones de CO_2 de la categoría 4.G. Productos de la madera recolectada durante el periodo 1990–2024.

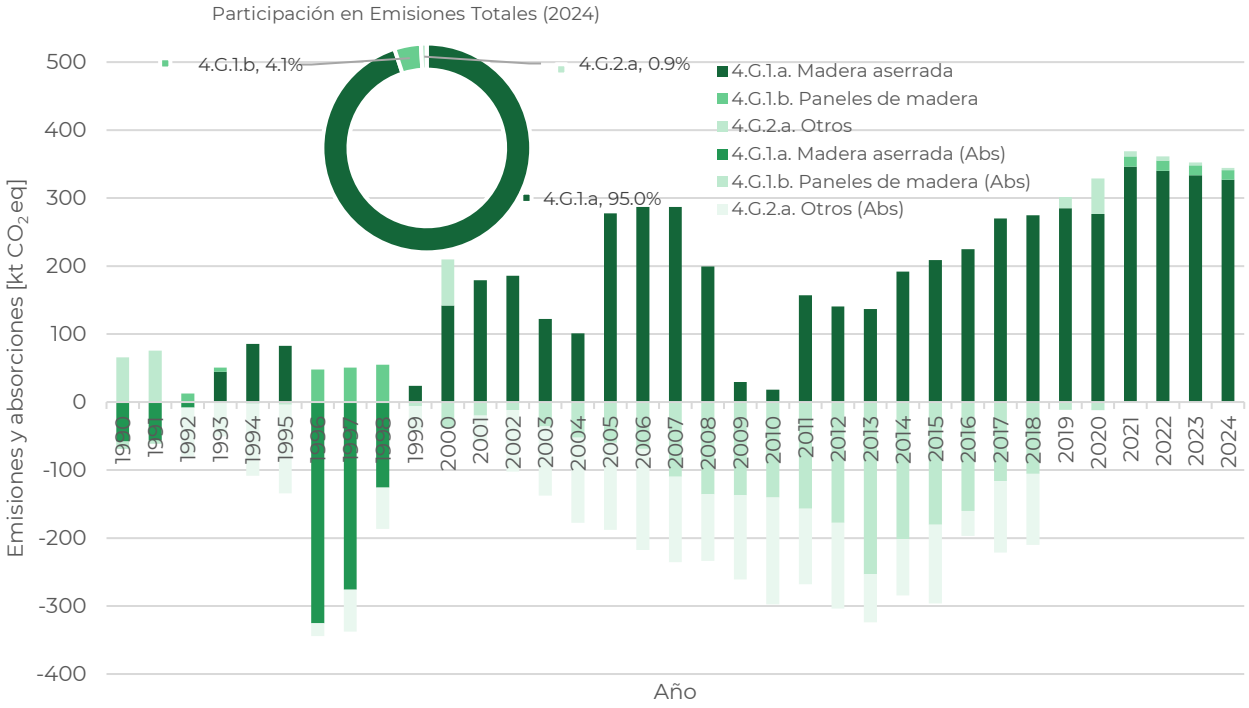


Figura 6-21. Productos de la madera recolectada: Emisiones totales de GEI por subcategoría (kt CO_2eq), 1990–2024.

Nota: La figura presenta la participación porcentual de las subcategorías para 2024 y la evolución temporal de las emisiones de CO_2 de la categoría durante el periodo 1990–2024.

Fuente: Elaboración propia.

La distribución porcentual para 2024, muestra que la subcategoría 4.G.1.a. Madera aserrada concentra aproximadamente el 95,0% (326,9 kt CO_2eq) de las emisiones de la categoría, seguida por 4.G.1.b. Paneles de madera 4,1 % (14,1 kt CO_2eq) y 4.G.2.a. Otros productos de la madera 0,9 % (3,1 kt CO_2eq). En cuanto las absorciones según el promedio histórico la subcategoría más representativa son Otros productos de la madera con -69,29 kt CO_2eq y Paneles de madera con -63,3 kt CO_2eq. Estos resultados evidencian que la dinámica del carbono almacenado en productos de larga vida útil constituye el principal determinante del balance de emisiones de la categoría (Ideam, 2024).

En conjunto, la Tabla 6-61 y la Figura 6-21 muestran que el comportamiento de la categoría está dominado por la dinámica del carbono almacenado en madera aserrada, producto caracterizado por una mayor vida útil y, por tanto, por un almacenamiento temporal más prolongado del carbono. En contraste, los productos de vida útil más corta, como el papel y cartón, presentan una contribución significativamente menor al balance total de emisiones y absorciones de la categoría (Ideam, 2024; IPCC, 2006a).

Tabla 6-62. Productos de la madera recolectada: Emisiones totales de GEI por categoría y subcategoría (kt CO_2eq).

GEI	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
CO_2	**-2,9**	**-51,5**	**172,0**	**89,2**	**-279,3**	**-87,6**	**316,6**	**368,9**	**361,3**	**352,4**	**344,2**
CH_4	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
N_2O	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
HFC	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
PFC	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
SF_6	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
NF_3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Total	**-2,9**	**-51,5**	**172,0**	**89,2**	**-279,3**	**-87,6**	**316,6**	**368,9**	**361,3**	**352,4**	**344,2**

Nota: Para la categoría 4.G únicamente se estiman emisiones y absorciones de CO_2 asociadas al carbono almacenado en productos de madera recolectada. Las demás sustancias se reportan mediante las claves de notación correspondientes de las Tablas de Reporte Común (CRT).

Fuente: Elaboración propia

En la categoría 4.G. Productos de la madera recolectada únicamente se estiman emisiones y absorciones de CO_2 asociadas al carbono almacenado y liberado gradualmente por los productos derivados de la madera. No aplica la estimación de emisiones de CH_4, N_2O, HFC, PFC, SF_6 ni NF_3 para esta categoría, de conformidad con las Directrices del IPCC de 2006 y las Tablas de Reporte Común (CRT) (Ideam, 2024; IPCC, 2006a).

Para la categoría 4.G. Productos de la madera recolectada no se reportan emisiones de carbono negro (CN) ni contaminantes criterio (CR), debido a que las metodologías aplicadas se limitan al seguimiento del carbono almacenado en productos de madera y no consideran procesos de combustión. En consecuencia, las tablas y figuras correspondientes al reporte de carbono negro y contaminantes criterio no aplican para esta categoría, por lo que estas sustancias se reportan mediante las claves de notación correspondientes, de acuerdo con las Tablas de Reporte Común (CRT) (EEA, 2019; UNFCCC, 2024).

Los resultados evidencian que las emisiones y absorciones de la categoría están determinadas exclusivamente por la dinámica del carbono almacenado en los productos de madera recolectada, sin contribuciones de otros gases de efecto invernadero. Este comportamiento es consistente con el enfoque metodológico establecido en las Directrices del IPCC de 2006 para la estimación de productos de la madera recolectada.

6.8.2 Aspectos metodológicos de la categoría

La estimación de las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero (GEI) de la categoría 4.G. Productos de la madera recolectada se realizó de conformidad con las Directrices del IPCC de 2006 para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero, Volumen 4, Capítulo 12, aplicando el enfoque de producción (Production Approach) para cuantificar los cambios en las existencias de carbono almacenado en los productos forestales maderables (IPCC, 2006, IPCC, 2019).

La categoría se estimó mediante un método Tier 2, considerando la dinámica de almacenamiento y liberación gradual del carbono contenido en los productos de madera incluidos bajo el enfoque de producción (Production Approach). El método incorpora el efecto del tiempo de permanencia del carbono en cada tipo de producto mediante el modelo de descomposición de primer orden (First Order Decay, FOD), recomendado por las Directrices del IPCC de 2006 (IPCC, 2006, IPCC, 2019).

El método considera la vida media (half-life) específica para cada tipo de producto de madera, permitiendo representar el tiempo durante el cual el carbono permanece almacenado antes de ser liberado gradualmente a la atmósfera, de conformidad con las Directrices del IPCC de 2006 (IPCC, 2006a). En cuanto a las estimaciones de SWDS se encuentran diligenciadas en la Tabla 5.a de la CRT.

Los cálculos fueron desarrollados mediante las hojas de cálculo del Inventario Nacional de GEI, integrando información estadística sobre producción, importaciones y exportaciones de productos forestales maderables proveniente de las fuentes oficiales utilizadas por el Inventario Nacional de GEI y aplicando los parámetros metodológicos establecidos en las Directrices del IPCC de 2006 para las subcategorías de madera aserrada,

paneles de madera y papel y cartón. La Tabla 6-63 presenta los aspectos metodológicos utilizados para la estimación de las emisiones y absorciones de GEI de la categoría 4.G. Productos de la madera recolectada (FAO, 2025; Ideam, 2024).

Tabla 6-63. Productos de la madera recolectada: Aspectos metodológicos para la estimación de GEI

Subcategoría	Contaminante	Nivel (Tier)	No. Ecuación	Ecuación	Fuente
4.G.1.a. Madera aserrada	CO_2	2	V. 4, Ch 12, Ec. 12.1, 12.2, 12.3, 12.4; 12.7; 12.8.	$$\Delta C_{2\,TOTAL}(i) = \frac{-44}{12} * \sum_{l=1}^{n} \Delta C_l(i)$$ Dónde: *i* = Año $\Delta C_{2\,TOTAL}(i)$ = Emisiones y absorciones totales de CO_2 de los cambios netos de las existencias de carbono en PMR en uso durante el año i, en Mt CO_2 *C* = Existencias de carbono en PMR, en Mt C $\Delta C_l(i)$ = Existencias de carbono en PMR, en Mt C l = número de índice de la clase de producto PMR semiacabado n = número de clases de productos PMR seleccionados de los productos PMR semiacabados de madera aserrada, tableros a base de madera, papel y cartón. $$C(i+1) = e^{-k} * C(i) + \left[\frac{1-e^{-k}}{k}\right] * Inflow_l(i)$$ $$C(i) = C(i+1) - C(i)$$ Dónde: *i* = año $C_l(i)$ = la reserva de carbono en la clase particular de productos PMR *l* al comienzo del año *i*, Mt C *k* = constante de desintegración de FOD para cada clase de producto PMR *l* expresada en unidades año^{-1} (= ln (2) / HL, donde HL es la vida media del producto PMR particular en el conjunto de PMR en años. $\mathbf{Inflow_l(i)}$ = la entrada de carbono a la clase de productos básicos PMR particular *l* durante el año *i*, Mt C/año *ΔC(i)* = variación de las existencias de carbono de la clase de productos básicos PMR *l* durante el año *i*, Mt C/año $$Inflow(i) = \begin{Bmatrix} Inflow_{SCA_l}(i) \\ Inflow_{PA_l}(i) \end{Bmatrix} \begin{matrix} para\ el\ enfoque\ de\ 'cambio\ de\ existencias' \\ para\ el\ enfoque\ de\ 'producción' \end{matrix}$$ Dónde: $Inflow_{SCA_l}(i)$ = Entrada de carbono en PMR a partir del consumo interno calculado de los respectivos PMR clase de producto básico *l* en el año *i*, en Mt C año^{-1}, véase la ecuación 12.6 $Inflow_{PA_l}(i)$ = Entrada de carbono en PMR procedente de la producción de la respectiva clase *l* de productos PMR provenientes de la cosecha nacional en el año *i*, en Mt C año^{-1}, ver Ecuación 12.7. $$C_l(t_0) = \frac{Inflow_{l_{average}}}{k}$$ Con: $$Inflow_{l_{average}} = \left(\sum_{i=t_0}^{t_4} Inflow_l(i)\right) / 5$$ Dónde: k = constante de desintegración de FOD para cada clase de producto PMR *l* (véase la Ecuación 12.2). $$Inflow_{PA_l}(i) = HWP_{DP_l}(i) * cf_l$$ $$HWP_{DP_l}(i) = HWP_{p_l}(i) * f_R(i)$$ con: $$f_R(i) = \begin{Bmatrix} f_{IRW}(i) \\ (f_{IRW}(i) * (1-q) * f_{PULP}(i)) + q * f_{RecP}(i) \end{Bmatrix} \text{ para la categoría HWP 'papel y cartón'}$$ y: $f_{IRW}(i) = 0\ si\ f_{IRW}(i) < 0;\ f_{PULP}(i) = 0\ si\ f_{PULP}(i) < 0; f_{RecP}(i) < 0$ Donde:	IPPC, 2006

Subcategoría	Contaminante	Nivel (Tier)	No. Ecuación	Ecuación	Fuente
				$HWP_{DP_l}(i)$ = producción de la clase de producto HWP semiacabado particular que se origina en cosecha en el año *i*, en m^3 $f_R(i)$ = Proporción de la clase de materia prima leñosa R (IRW, PULP o RecP) para la producción de la clase de materia prima de HWP semiacabada particular que se origina en la cosecha nacional en el año *i*, calculada de acuerdo con la ecuación 12.8 IRW = Materia prima HWP clase de producto "madera en rollo industrial" $PULP$ = Materia prima HWP clase de producto "pulpa de madera" $RecP$ = Clase de materia prima HWP "papel recuperado" q = Tasa de utilización de papel recuperado. $$f_R(i) = \frac{R_P(i) - R_{EX}(i)}{R_P(i) + R_{IM}(i) - R_{EX}(i)}$$ con: $R = \begin{cases} IRW \\ PULP \\ RecP \end{cases}$ para la categoría de materia prima HWP "madera en rollo industrial" para la categoría de materia prima HWP "pulpa de madera" para la categoría de materia prima HWP "papel recuperdo" Donde: $R_P(i)$ = Producción de la clase particular de materia prima de HWP en el año i, en m^3 o Mt $R_{IM}(i)$ = Importación de la clase de materia prima de HWP particular en el año i, en m^3 o Mt $R_{EX}(i)$ = Exportación de la clase particular de materia prima HWP en el año i, en m^3 o Mt.	
4.G.1.b. Paneles de madera	CO_2	2	V. 4, Ch 12, Ec. 12.1, 12.2, 12.3, 12.4; 12.7; 12.8.	$$\Delta C_{2\,TOTAL}(i) = \frac{-44}{12} * \sum_{l=1}^{n} \Delta C_l(i)$$ Dónde: *i* = Año $\Delta C_{2\,TOTAL}(i)$ = Emisiones y absorciones totales de CO_2 de los cambios netos de las existencias de carbono en PMR en uso durante el año i, en Mt CO_2 *C* = Existencias de carbono en PMR, en Mt C $\Delta C_l(i)$ = Existencias de carbono en PMR, en Mt C l = número de índice de la clase de producto PMR semiacabado n = número de clases de productos PMR seleccionados de los productos PMR semiacabados de madera aserrada, tableros a base de madera, papel y cartón. $$C(i+1) = e^{-k} * C(i) + \left[\frac{1 - e^{-k}}{k}\right] * Inflow_l(i)$$ $$C(i) = C(i+1) - C(i)$$ Dónde: *i* = año $C_l(i)$ = la reserva de carbono en la clase particular de productos PMR *l* al comienzo del año *i*, Mt C *k* = constante de desintegración de FOD para cada clase de producto PMR *l* expresada en unidades $año^{-1}$ (= ln (2) / HL, donde HL es la vida media del producto PMR particular en el conjunto de PMR en años. $Inflow_l(i)$ = la entrada de carbono a la clase de productos básicos PMR particular *l* durante el año *i*, Mt C/año *ΔC(i)* = variación de las existencias de carbono de la clase de productos básicos PMR *l* durante el año *i*, Mt C/año $Inflow(i) = \begin{cases} Inflow_{SCA_l}(i) \\ Inflow_{PA_l}(i) \end{cases}$ para el enfoque de 'cambio de existencias' / para e enfoque de 'producción' Dónde: $Inflow_{SCA_l}(i)$ = Entrada de carbono en PMR a partir del consumo interno calculado de los respectivos PMR clase de producto básico *l* en el año *i*, en Mt C/año, véase la ecuación 12.6 $Inflow_{PA_l}(i)$ = Entrada de carbono en PMR procedente de la producción de la respectiva clase *l* de productos PMR provenientes de la cosecha nacional en el año *i*, en Mt C/año, ver Ecuación 12.7.	IPPC, 2006

Subcategoría	Contaminante	Nivel (Tier)	No. Ecuación	Ecuación	Fuente
				$$C_l(t_0) = \frac{\text{Inflow}_{l_{average}}}{k}$$ Con: $$\text{Inflow}_{l_{average}} = \left(\sum_{i=t_0}^{t_4} \text{Inflow}_l(i)\right) / 5$$ Dónde: k = constante de desintegración de FOD para cada clase de producto PMR *l* (véase la Ecuación 12.2). $$Inflow_{PA_l}(i) = HWP_{DP_l}(i) * cf_l$$ $$HWP_{DP_l}(i) = HWP_{p_l}(i) * f_R(i)$$ con: $$f_R(i) = \begin{Bmatrix} f_{IRW}(i) \\ \left(f_{IRW}(i) * (1-q) * f_{PULP}(i)\right) + q * f_{RecP}(i) \end{Bmatrix} \text{ para la categoría HWP 'papel y cartón'}$$ y: $f_{IRW}(i) = 0\ si\ f_{IRW}(i) < 0;\ f_{PULP}(i) = 0\ si\ f_{PULP}(i) < 0; f_{RecP}(i) < 0$ Donde: $HWP_{DP_l}(i)$ = producción de la clase de producto HWP semiacabado particular que se origina en cosecha en el año *i*, en m^3 $f_R(i)$ = Proporción de la clase de materia prima leñosa R (IRW, PULP o RecP) para la producción de la clase de materia prima de HWP semiacabada particular que se origina en la cosecha nacional en el año *i*, calculada de acuerdo con la ecuación 12.8 $\boldsymbol{IRW}$ = Materia prima HWP clase de producto "madera en rollo industrial" $\boldsymbol{PULP}$ = Materia prima HWP clase de producto "pulpa de madera" $RecP$ = Clase de materia prima HWP "papel recuperado" q = Tasa de utilización de papel recuperado. $$f_R(i) = \frac{R_P(i) - R_{EX}(i)}{R_P(i) + R_{IM}(i) - R_{EX}(i)}$$ con: $R = \begin{Bmatrix} IRW \\ PULP \\ RecP \end{Bmatrix}$ para la categoría de materia prima HWP "madera en rollo industrial" para la categoría de materia prima HWP "pulpa de madera" para la categoría de materia prima HWP "papel recuperdo" Donde: $R_P(i)$ = Producción de la clase particular de materia prima de HWP en el año i, en m^3 o Mt $R_{IM}(i)$ = Importación de la clase de materia prima de HWP particular en el año i, en m^3 o Mt $R_{EX}(i)$ = Exportación de la clase particular de materia prima HWP en el año i, en m^3 o Mt.	
4.G.2. Papel y cartón	CO_2	2	V. 4, Ch 12, Ec. 12.1, 12.2, 12.3, 12.4; 12.7; 12.8.	$$\Delta C_{2\ TOTAL}(i) = \frac{-44}{12} * \sum_{l=1}^{n} \Delta C_l(i)$$ Dónde: *i* = Año $\boldsymbol{\Delta C_{2\ TOTAL}(i)}$ = Emisiones y absorciones totales de CO_2 de los cambios netos de las existencias de carbono en PMR en uso durante el año i, en Mt CO_2 C = Existencias de carbono en PMR, en Mt C $\boldsymbol{\Delta C_l(i)}$ = Existencias de carbono en PMR, en Mt C l = número de índice de la clase de producto PMR semiacabado n = número de clases de productos PMR seleccionados de los productos PMR semiacabados de madera aserrada, tableros a base de madera, papel y cartón. $$C(i+1) = e^{-k} * C(i) + \left[\frac{1-e^{-k}}{k}\right] * \text{Inflow}_l(i)$$ $$C(i) = C(i+1) - C(i)$$ Dónde: *i* = año	IPPC, 2006

Subcategoría	Contaminante	Nivel (Tier)	No. Ecuación	Ecuación	Fuente
				$\boldsymbol{C_l(i)}$ = la reserva de carbono en la clase particular de productos PMR *l* al comienzo del año *i*, Mt C *k* = constante de desintegración de FOD para cada clase de producto PMR *l* expresada en unidades año^{-1} (= ln (2) / HL, donde HL es la vida media del producto PMR particular en el conjunto de PMR en años. $\boldsymbol{Inflow_l(i)}$ = la entrada de carbono a la clase de productos básicos PMR particular *l* durante el año *i*, Mt C/año *ΔC(i)* = variación de las existencias de carbono de la clase de productos básicos PMR *l* durante el año *i*, Mt C/año $Inflow(i) = \begin{Bmatrix} Inflow_{SCA_l}(i) \\ Inflow_{PA_l}(i) \end{Bmatrix}$ $\begin{matrix} para\ el\ enfoque\ de\ 'cambio\ de\ existencias' \\ para\ el\ enfoque\ de\ 'producción' \end{matrix}$ Dónde: $\boldsymbol{Inflow_{SCA_l}(i)}$ = Entrada de carbono en PMR a partir del consumo interno calculado de los respectivos PMR clase de producto básico *l* en el año *i*, en Mt C año^{-1}, véase la ecuación 12.6 $\boldsymbol{Inflow_{PA_l}(i)}$ = Entrada de carbono en PMR procedente de la producción de la respectiva clase *l* de productos PMR provenientes de la cosecha nacional en el año *i*, en Mt C año^{-1}, ver Ecuación 12.7. $$C_l(t_0) = \frac{Inflow_{l_{average}}}{k}$$ Con: $$Inflow_{l_{average}} = \left(\sum_{i=t_0}^{t_4} Inflow_l(i) \right) / 5$$ Dónde: k = constante de desintegración de FOD para cada clase de producto PMR *l* (véase la Ecuación 12.2). $$Inflow_{PA_l}(i) = HWP_{DP_l}(i) * cf_l$$ $$HWP_{DP_l}(i) = HWP_{p_l}(i) * f_R(i)$$ con: $$f_R(i) = \begin{Bmatrix} f_{IRW}(i) \\ (f_{IRW}(i) * (1-q) * f_{PULP}(i)) + q * f_{RecP}(i) \end{Bmatrix}$$ para la categoría HWP 'papel y cartón' y: $f_{IRW}(i) = 0\ si\ f_{IRW}(i) < 0;\ f_{PULP}(i) = 0\ si\ f_{PULP}(i) < 0; f_{RecP}(i) < 0$ Donde: $HWP_{DP_l}(i)$ = producción de la clase de producto HWP semiacabado particular que se origina en cosecha en el año *i*, en m^3 $f_R(i)$ = Proporción de la clase de materia prima leñosa R (IRW, PULP o RecP) para la producción de la clase de materia prima de HWP semiacabada particular que se origina en la cosecha nacional en el año *i*, calculada de acuerdo con la ecuación 12.8 $\boldsymbol{IRW}$ = Materia prima HWP clase de producto "madera en rollo industrial" $\boldsymbol{PULP}$ = Materia prima HWP clase de producto "pulpa de madera" $RecP$ = Clase de materia prima HWP "papel recuperado" q = Tasa de utilización de papel recuperado. $$f_R(i) = \frac{R_P(i) - R_{EX}(i)}{R_P(\ ) + R_{IM}(i) - R_{EX}(i)}$$ con: $R = \begin{Bmatrix} IRW \\ PULP \\ RecP \end{Bmatrix}$ para la categoría de ma ria prima HWP "madera en rollo industrial" para la categoría d materia prima HWP "pulpa de madera" para la categoría de materia prima HWP "papel recuperdo" Donde: $R_P(i)$ = Producción de la clase particular de materia prima de HWP en el año i, en m^3 o Mt $R_{IM}(i)$ = Importación de la clase de materia prima de HWP particular en el año i, en m^3 o Mt	

Subcategoría	Contaminante	Nivel (Tier)	No. Ecuación	Ecuación	Fuente
				$R_{EX}(i)$ = Exportación de la clase particular de materia prima HWP en el año i, en m^3 o Mt.	

Nota: Para la categoría 4.G. Productos de la madera recolectada únicamente se estiman emisiones y absorciones de CO_2 mediante el enfoque de producción (Production Approach) y el modelo de descomposición de primer orden (First Order Decay, FOD), de conformidad con las Directrices del IPCC de 2006.

Fuente: Elaboración propia

6.8.2.1 Datos de actividad de la categoría

Los datos de actividad utilizados para la estimación de las emisiones y absorciones de GEI de la categoría 4.G. Productos de la madera recolectada corresponden a la producción, importación y exportación de productos forestales maderables requeridos para la aplicación del enfoque de producción establecido en las Directrices del IPCC de 2006(IPCC, 2006b). La información fue obtenida de la base de datos estadística de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAOSTAT), la cual constituye la fuente oficial empleada para la estimación de productos de madera recolectada(FAO, 2025). A partir de esta información se determina el consumo aparente de cada tipo de producto de madera, el cual constituye la variable de entrada utilizada para estimar los flujos anuales de carbono hacia los productos de madera recolectada mediante el enfoque de producción (Production Approach), de conformidad con las Directrices del IPCC de 2006(IPCC, 2006, IPCC, 2019). La selección de FAOSTAT responde a su cobertura temporal, consistencia metodológica y disponibilidad de estadísticas armonizadas de producción y comercio internacional de productos forestales. Previamente a su incorporación en las bases de cálculo del Inventario Nacional de GEI, la información es revisada, armonizada y verificada para garantizar su consistencia temporal y metodológica, manteniendo la comparabilidad de la serie histórica y la coherencia con las recomendaciones del IPCC para la estimación de productos de madera recolectada (FAO, 2025; IPCC, 2006, IPCC,2019).

Para la subcategoría 4.G.1.a. Madera aserrada, los datos de actividad corresponden a las cantidades anuales de producción, importación y exportación de madera aserrada utilizadas para estimar los flujos de carbono hacia los productos de larga vida útil, previa conversión a contenido de carbono de acuerdo con los parámetros establecidos en las Directrices del IPCC de 2006 (IPCC, 2006b).

Para la subcategoría 4.G.1.b. Paneles de madera, los datos de actividad corresponden a las cantidades anuales de producción, importación y exportación de paneles de madera empleadas para la estimación del carbono almacenado en este tipo de productos (FAO, 2025).

Para la subcategoría 4.G.2. Papel y cartón, los datos de actividad corresponden a las cantidades anuales de producción, importación y exportación de papel y cartón utilizadas para estimar la dinámica del carbono almacenado en productos de vida útil corta(FAO, 2025).

Con el propósito de garantizar la coherencia de la serie temporal 1990–2024, los datos de actividad fueron sometidos a procesos de validación, armonización y control de calidad, verificando su consistencia temporal, metodológica y estadística antes de su incorporación en las bases de cálculo del Inventario Nacional de GEI(Ideam, 2024). La Tabla 6-64 presenta las principales fuentes de datos de actividad utilizadas para la estimación de las emisiones y absorciones de GEI en la categoría 4.G. Productos de la madera recolectada.

Tabla 6-64. Productos de la madera recolectada: Fuentes de datos de actividad utilizadas para la estimación de las emisiones y absorciones de GEI

Subcategoría	Dato de actividad	Periodo	Fuente de información	Comentarios
4.G.1.a. Madera aserrada	Producción, importación y exportación (m^3)	1990–2024	FAOSTAT	Información utilizada para la estimación de los flujos de carbono mediante el enfoque de producción.
4.G.1.b. Paneles de madera	Producción, importación y exportación (m^3)	1990–2024	FAOSTAT	Estadísticas armonizadas empleadas para el cálculo del carbono almacenado.
4.G.2. Papel y cartón	Producción, importación y exportación (t)	1990–2024	FAOSTAT	Información utilizada para estimar el carbono almacenado en productos de vida útil corta.

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 6-65 presenta los datos de actividad utilizados para la estimación de las emisiones y absorciones de GEI de la categoría 4.G. Productos de la madera recolectada durante el periodo 1990–2024 (Ideam, 2024). Los valores corresponden a las variables de entrada empleadas directamente en las bases de cálculo del Inventario

Nacional de GEI para las subcategorías madera aserrada, paneles de madera y papel y cartón, incluyendo la información anual de producción, importación y exportación utilizada para estimar los flujos de carbono hacia los productos de madera recolectada.

Tabla 6-65. Productos de la madera recolectada: Datos de actividad utilizados para la estimación de las emisiones y absorciones de GEI, 1990–2024

Año	4.G.1.a. Madera aserrada					
	Exportación de madera aserrada m3/año	Exportación de madera en rollo industrial m3/año	Importación de madera aserrada m3/año	Importación de madera en rollo industrial m3/año	Producción de madera aserrada m3/año	Producción de madera en rollo industrial m3/año
1990	9.600,0	156,0	3.800,0	0,0	813.000,0	3.094.000,0
1991	18.700,0	178,0	3.800,0	179,0	813.000,0	3.036.000,0
1992	22.632,0	116,0	6.475,0	6.264,0	758.000,0	2.221.000,0
1993	1.578,0	16,0	31.548,0	4.317,0	694.000,0	2.056.000,0
1994	1.685,0	6.850,0	10.627,0	5.668,0	644.000,0	1.906.000,0
1995	9.700,0	9.000,0	15.000,0	1.800,0	644.000,0	1.856.000,0
1996	3.000,0	2.500,0	4.600,0	2.000,0	1.134.000,0	1.806.000,0
1997	5.900,0	12.100,0	15.500,0	6.700,0	1.085.000,0	1.772.000,0
1998	2.500,0	17.000,0	6.400,0	11.500,0	910.000,0	2.932.000,0
1999	8.700,0	17.000,0	6.400,0	700,0	730.000,0	2.609.000,0
2000	4.505,0	20.641,0	2.100,0	202,0	587.000,0	2.005.000,0
2001	3.827,0	13.167,0	500,0	7,0	539.000,0	1.607.000,0
2002	18.500,0	25.640,0	19.500,0	210,0	527.000,0	1.860.000,0
2003	15.734,0	55.326,0	13.503,0	1.748,0	599.000,0	2.311.700,0
2004	2.373,0	65.949,0	14.084,0	1.871,0	622.000,0	2.237.200,0
2005	3.218,0	17.088,0	13.369,0	221,0	407.000,0	1.871.000,0
2006	7.050,0	9.287,0	8.665,0	241,0	389.000,0	1.882.700,0
2007	45.414,0	17.782,0	5.366,0	123,0	382.000,0	1.846.900,0
2008	13.396,0	26.926,0	16.863,0	1.939,0	481.000,0	2.529.000,0
2009	13.749,0	33.513,0	14.754,0	53,0	680.000,0	3.987.000,0
2010	20.341,0	17.746,0	24.609,0	171,0	693.000,0	3.822.000,0
2011	10.598,0	23.911,0	32.633,0	172,0	526.000,0	4.108.000,0
2012	8.848,0	25.564,0	51.359,0	1.280,0	542.000,0	4.230.000,0
2013	3.642,0	46.481,0	37.077,0	7.990,0	544.000,0	4.252.000,0
2014	10.060,0	55.872,0	62.830,0	8.563,0	474.850,0	3.712.000,0
2015	3.898,0	47.093,0	40.770,0	2.624,0	449.233,0	3.509.000,0
2016	5.377,0	38.043,0	40.838,0	643,0	424.615,0	3.017.556,0
2017	12.462,0	36.273,0	29.919,0	3.149,0	365.169,0	2.918.882,0
2018	17.490,0	96.282,0	29.555,0	2.832,0	353.228,0	2.851.456,0
2019	19.734,0	109.795,0	31.687,0	2.222,0	334.260,0	2.785.588,0
2020	19.281,0	85.385,0	29.899,0	120,0	337.167,0	2.721.808,0
2021	13.591,0	142.947,0	45.793,0	5.005,0	247.482,0	1.997.807,0
2022	13.320,0	119.635,0	34.079,0	8.857,0	247.482,0	1.997.807,0
2023	13.320,0	119.635,0	34.079,0	8.857,0	247.482,0	1.997.807,0
2024	13.320,0	119.635,0	34.079,0	8.857,0	247.482,0	1.997.807,0

Año	4.G.1.b. Paneles de madera					
	Exportación de madera en rollo industrial m3/año	Exportación de paneles de madera m3/año	Importación de madera en rollo industrial m3/año	Importación de paneles de madera m3/año	Producción de madera en rollo industrial m3/año	Producción de paneles de madera m3/año
1990	156,0	7.600,0	0,0	12.100,0	3.094.000,0	183.000,0
1991	178,0	9.600,0	179,0	12.100,0	3.036.000,0	177.000,0
1992	116,0	11.371,0	6.264,0	10.915,0	2.221.000,0	160.000,0
1993	16,0	3.518,0	4.317,0	8.606,0	2.056.000,0	166.000,0
1994	6.850,0	5.307,0	5.668,0	27.347,0	1.906.000,0	175.000,0
1995	9.000,0	10.400,0	1.800,0	51.200,0	1.856.000,0	176.000,0
1996	2.500,0	11.000,0	2.000,0	37.600,0	1.806.000,0	123.000,0
1997	12.100,0	16.400,0	6.700,0	40.500,0	1.772.000,0	119.000,0
1998	17.000,0	23.800,0	11.500,0	36.400,0	2.932.000,0	113.000,0
1999	17.000,0	71.300,0	700,0	38.700,0	2.609.000,0	174.050,0
2000	20.641,0	78.142,0	202,0	41.100,0	2.005.000,0	206.700,0
2001	13.167,0	43.314,0	7,0	33.300,0	1.607.000,0	189.600,0
2002	25.640,0	39.903,0	210,0	49.800,0	1.860.000,0	182.000,0
2003	55.326,0	61.237,0	1.748,0	90.156,0	2.311.700,0	207.000,0
2004	65.949,0	69.574,0	1.871,0	175.772,0	2.237.200,0	225.000,0
2005	17.088,0	66.601,0	221,0	179.892,0	1.871.000,0	234.000,0
2006	9.287,0	36.872,0	241,0	173.851,0	1.882.700,0	245.000,0
2007	17.782,0	29.889,0	123,0	180.465,0	1.846.900,0	289.000,0
2008	26.926,0	20.526,0	1.939,0	237.919,0	2.529.000,0	319.000,0
2009	33.513,0	16.633,0	53,0	183.027,0	3.987.000,0	324.000,0
2010	17.746,0	16.235,0	171,0	217.533,0	3.822.000,0	331.000,0
2011	23.911,0	22.300,0	172,0	250.336,0	4.108.000,0	352.056,0
2012	25.564,0	16.782,0	1.280,0	228.821,0	4.230.000,0	377.589,0
2013	46.481,0	16.279,0	7.990,0	268.763,0	4.252.000,0	461.303,0
2014	55.872,0	20.888,0	8.563,0	388.414,0	3.712.000,0	415.400,0
2015	47.093,0	20.526,0	2.624,0	371.093,0	3.509.000,0	398.562,0
2016	38.043,0	22.577,0	643,0	377.290,0	3.017.556,0	382.589,0
2017	36.273,0	17.390,0	3.149,0	385.945,0	2.918.882,0	342.576,0
2018	96.282,0	12.968,0	2.832,0	549.651,0	2.851.456,0	334.643,0
2019	109.795,0	3.223,0	2.222,0	395.486,0	2.785.588,0	240.621,0
2020	85.385,0	3.168,0	120,0	423.627,0	2.721.808,0	241.437,0
2021	142.947,0	3.550,1	5.005,0	552.988,8	1.997.807,0	214.551,0
2022	119.635,0	3.684,1	8.857,0	555.374,8	1.997.807,0	214.551,0
2023	119.635,0	3.684,1	8.857,0	555.374,8	1.997.807,0	214.551,0
2024	119.635,0	3.684,1	8.857,0	555.374,8	1.997.807,0	214.551,0

Año	4.G.2.a. Otros											
	Exportación de madera en rollo industrial m3/año	Exportacion de papel recuperado m3/año	Exportación de papel y cartón m3/año	Exportacion de pulpa de madera m3/año	Importación de madera en rollo industrial m3/año	Importación de papel recuperado m3/año	Importación de papel y cartón m3/año	Importación de pulpa de madera m3/año	Producción de madera en rollo industrial m3/año	Producción de papel recuperado m3/año	Producción de papel y cartón m3/año	Producción de pulpa de madera m3/año
1990	156,0	0,0	15.000,0	0,0	0,0	29.000,0	180.900,0	36.200,0	3.094.000,0	201.000,0	549.000,0	169.000,0
1991	178,0	0,0	19.900,0	0,0	179,0	29.000,0	192.800,0	55.300,0	3.036.000,0	201.000,0	521.000,0	169.000,0
1992	116,0	92,0	34.929,0	0,0	6.264,0	38.618,0	224.702,0	69.696,0	2.221.000,0	314.000,0	629.000,0	166.000,0
1993	16,0	10,0	16.564,0	23,0	4.317,0	19.616,0	265.777,0	59.089,0	2.056.000,0	314.000,0	595.000,0	163.000,0
1994	6.850,0	10,0	24.210,0	0,0	5.668,0	27.049,0	296.038,0	83.408,0	1.906.000,0	314.000,0	672.000,0	164.000,0
1995	9.000,0	0,0	62.200,0	0,0	1.800,0	11.700,0	332.300,0	73.900,0	1.856.000,0	314.000,0	690.000,0	171.000,0
1996	2.500,0	0,0	63.800,0	0,0	2.000,0	53.800,0	349.300,0	75.200,0	1.806.000,0	364.000,0	693.000,0	169.000,0
1997	12.100,0	0,0	80.800,0	0,0	6.700,0	33.800,0	392.400,0	86.400,0	1.772.000,0	362.000,0	704.000,0	176.000,0
1998	17.000,0	400,0	75.900,0	0,0	11.500,0	27.000,0	369.000,0	95.800,0	2.932.000,0	334.000,0	712.000,0	176.000,0
1999	17.000,0	2.000,0	84.600,0	0,0	700,0	37.000,0	362.800,0	96.400,0	2.609.000,0	305.000,0	733.000,0	189.000,0
2000	20.641,0	2.000,0	129.800,0	0,0	202,0	120.400,0	509.700,0	176.500,0	2.005.000,0	355.000,0	771.000,0	210.000,0
2001	13.167,0	800,0	110.400,0	0,0	7,0	70.000,0	334.000,0	110.100,0	1.607.000,0	367.000,0	771.000,0	197.000,0
2002	25.640,0	100,0	142.350,0	0,0	210,0	87.000,0	337.100,0	177.400,0	1.860.000,0	413.000,0	847.000,0	202.000,0
2003	55.326,0	3.299,0	165.161,0	1.460,0	1.748,0	77.467,0	382.934,0	172.559,0	2.311.700,0	430.000,0	864.000,0	209.000,0
2004	65.949,0	1.860,0	174.121,0	191,0	1.871,0	76.142,0	412.790,0	134.944,0	2.237.200,0	481.000,0	899.000,0	209.000,0
2005	17.088,0	1.860,0	169.521,0	191,0	221,0	76.142,0	412.790,0	134.944,0	1.871.000,0	562.000,0	919.000,0	210.000,0
2006	9.287,0	1.224,0	169.644,0	57,0	241,0	89.599,0	510.514,0	163.955,0	1.882.700,0	581.000,0	990.000,0	211.000,0
2007	17.782,0	1.224,0	216.913,0	57,0	123,0	95.390,0	573.010,0	181.649,0	1.846.900,0	603.000,0	1.013.000,0	203.000,0
2008	26.926,0	3.000,0	199.731,0	57,0	1.939,0	104.000,0	525.300,0	177.926,0	2.529.000,0	645.000,0	1.025.000,0	186.143,0
2009	33.513,0	2.065,0	167.538,0	103,0	53,0	101.000,0	464.827,0	139.994,0	3.987.000,0	633.000,0	1.076.000,0	207.000,0
2010	17.746,0	1.011,0	185.574,0	644,0	171,0	112.578,0	416.875,0	164.824,0	3.822.000,0	699.204,0	1.145.000,0	233.274,0
2011	23.911,0	2.656,0	173.770,0	417,0	172,0	112.529,0	502.904,0	148.861,0	4.108.000,0	732.818,0	1.137.575,0	229.324,0
2012	25.564,0	3.467,0	165.019,0	314,0	1.280,0	88.908,0	466.712,0	164.512,0	4.230.000,0	719.372,0	1.153.277,0	257.364,0
2013	46.481,0	4.953,0	160.039,0	701,0	7.990,0	111.328,0	469.005,0	163.673,0	4.252.000,0	752.560,0	1.160.416,0	234.488,0

Año	4.G.2.a. Otros											
	Exportación de madera en rollo industrial m3/año	Exportacion de papel recuperado m3/año	Exportación de papel y cartón m3/año	Exportacion de pulpa de madera m3/año	Importación de madera en rollo industrial m3/año	Importación de papel recuperado m3/año	Importación de papel y cartón m3/año	Importación de pulpa de madera m3/año	Producción de madera en rollo industrial m3/año	Producción de papel recuperado m3/año	Producción de papel y cartón m3/año	Producción de pulpa de madera m3/año
2014	55.872,0	1.026,0	133.071,0	2.027,0	8.563,0	119.652,0	512.300,0	173.789,0	3.712.000,0	751.055,0	1.203.289,0	238.173,0
2015	47.093,0	1.267,0	123.314,0	522,0	2.624,0	96.521,0	438.514,0	170.775,0	3.509.000,0	786.674,0	1.218.948,0	233.836,0
2016	38.043,0	416,0	107.100,0	580,0	643,0	121.795,0	433.048,0	148.788,0	3.017.556,0	777.350,0	1.212.254,0	237.916,0
2017	36.273,0	874,0	132.481,0	363,0	3.149,0	102.286,0	458.801,0	172.245,0	2.918.882,0	819.211,0	1.252.903,0	234.049,0
2018	96.282,0	545,0	130.728,0	200,0	2.832,0	135.528,0	482.356,0	161.589,0	2.851.456,0	887.789,0	1.313.109,0	240.412,0
2019	109.795,0	507,0	132.891,0	0,0	2.222,0	160.653,0	496.177,0	147.566,0	2.785.588,0	914.806,0	1.250.177,0	243.187,0
2020	85.385,0	407,0	110.985,0	1.629,0	120,0	124.684,0	451.336,0	149.519,0	2.721.808,0	811.487,0	1.188.194,0	242.000,0
2021	142.947,0	2.768,1	104.583,0	232,5	5.005,0	139.889,1	526.292,8	178.940,5	1.997.807,0	832.699,0	1.232.000,0	219.000,0
2022	119.635,0	2.768,1	104.583,0	232,5	8.857,0	139.889,1	526.292,8	178.940,5	1.997.807,0	745.000,0	1.252.000,0	247.000,0
2023	119.635,0	2.768,1	104.583,0	232,5	8.857,0	139.889,1	526.292,8	178.940,5	1.997.807,0	745.000,0	1.252.000,0	247.000,0
2024	119.635,0	2.768,1	104.583,0	232,5	8.857,0	139.889,1	526.292,8	178.940,5	1.997.807,0	745.000,0	1.252.000,0	247.000,0

Nota: Los valores corresponden a los datos de actividad utilizados como variables de entrada para la estimación de las emisiones y absorciones de GEI de la categoría 4.G. Productos de la madera recolectada durante el periodo 1990–2024. Los datos incluyen la producción, importación y exportación de madera aserrada, paneles de madera y papel y cartón utilizadas en la aplicación del enfoque de producción recomendado por las Directrices del IPCC de 2006.

Fuente: Elaboración propia con base en FAOSTAT y el Inventario Nacional de GEI de Colombia.

6.8.2.2 Factores de emisión aplicados en la categoría

La categoría 4.G. Productos de la madera recolectada utiliza parámetros metodológicos específicos para estimar los cambios en las existencias de carbono almacenado en los productos derivados de la madera, de conformidad con las Directrices del IPCC de 2006, Volumen 4, Capítulo 12. Debido a la naturaleza de esta categoría, las estimaciones no emplean factores de emisión convencionales como en las demás categorías del sector LULUCF, sino parámetros que describen la dinámica de almacenamiento y liberación del carbono, incluyendo las vidas medias de los productos, las constantes de descomposición y la fracción de carbono utilizada para la conversión del material maderable a contenido de carbono (IPCC, 2006, IPCC, 2019).

Estos parámetros controlan la velocidad con la que el carbono almacenado en los productos de madera es liberado a la atmósfera y, por tanto, constituyen los parámetros fundamentales para la estimación de las emisiones y absorciones de CO_2 en esta categoría.

La utilización de estos parámetros permite representar el almacenamiento temporal y la liberación gradual del carbono contenido en los productos de madera recolectada de acuerdo con la vida útil característica de cada producto, garantizando la consistencia metodológica de las estimaciones realizadas para el Inventario Nacional de GEI. La Tabla 6-66 presenta los parámetros metodológicos empleados para la estimación de las emisiones y absorciones de GEI de la categoría 4.G. Productos de la madera recolectada.

Tabla 6-66. Productos de la madera recolectada: Parámetros metodológicos utilizados para la estimación de las emisiones y absorciones de GEI

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad
4.G.1.a. Madera aserrada	IPCC, 2019, V.4, Ch.12.	Tier 1	Vida media predeterminada	CO_2	35	año
4.G.1.a. Madera aserrada	IPCC, 2019, V.4, Ch.12.	Tier 1	Factor de conversión a carbono	CO_2	0,229	t C/m³
4.G.1.a. Madera aserrada	IPCC, 2006, V.1.	Tier 1	Factor de conversión C–CO_2	CO_2	3,6667	g CO_2.g/C
4.G.1.a. Madera aserrada	Sistema Internacional de Unidades (SI)	Tier 1	Factor de conversión t–kt	CO_2	0,001	Kt/t
4.G.1.a. Madera aserrada	IPCC, 2006, V.1.	Tier 1	Factor de resta de absorciones	CO_2	-1	Adimensional
4.G.1.b. Paneles de madera	IPCC, 2019, V.4, Ch.12.	Tier 1	Vida media predeterminada	CO_2	25	año
4.G.1.b. Paneles de madera	IPCC, 2019, V.4, Ch.12.	Tier 1	Factor de conversión a carbono	CO_2	0,269	t C/m³
4.G.1.b. Paneles de madera	IPCC, 2006, V.1.	Tier 1	Factor de conversión C–CO_2	CO_2	3,6667	g CO_2.g/C
4.G.1.b. Paneles de madera	Sistema Internacional de Unidades (SI)	Tier 1	Factor de conversión t–kt	CO_2	0,001	Kt/t

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad
4.G.1.b. Paneles de madera	IPCC, 2006, V.1.	Tier 1	Factor de resta de absorciones	CO_2	-1	Adimensional
4.G.2. Papel y cartón	IPCC, 2019, V.4, Ch.12.	Tier 1	Vida media predeterminada	CO_2	2	año
4.G.2. Papel y cartón	IPCC, 2019, V.4, Ch.12.	Tier 1	Factor de conversión a carbono	CO_2	0,386	t C/m³
4.G.2. Papel y cartón	IPCC, 2006, V.1.	Tier 1	Factor de conversión C–CO_2	CO_2	3,6667	g CO_2.g/C
4.G.2. Papel y cartón	Sistema Internacional de Unidades (SI)	Tier 1	Factor de conversión t–kt	CO_2	0,001	Kt/t
4.G.2. Papel y cartón	IPCC, 2006, V.1.	Tier 1	Factor de resta de absorciones	CO_2	-1	Adimensional

Nota: En la categoría 4.G. Productos de la madera recolectada la estimación de las emisiones y absorciones de CO_2 se basa en la aplicación de parámetros metodológicos recomendados por las Directrices del IPCC de 2006 para el modelo de descomposición de primer orden (FOD). En consecuencia, no se emplean factores de emisión convencionales, dado que la estimación depende de la dinámica del carbono almacenado en los productos de madera.

Fuente: Elaboración propia

6.8.3 Descripción de flexibilidad aplicada en la categoría

No se aplica a flexibilidad para esta subcategoría.

6.8.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría

Tabla 6-67. Resultados de incertidumbre (%) por propagación del error para 4.G. Productos de la madera recolectada

Subcategoría	Cont	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
4.G. Productos de la madera recolectada (Consumo doméstico)	Total Absorción	300.0	48.1	NO	NO	8.8	20.0	NO	NO	NO	NO	NO
4.G. Productos de la madera recolectada (Consumo doméstico)	Total Emisión	NO	NO	6.4	23.6	NO	NO	4.8	5.9	5.9	6.0	6.1
4.G.1. Madera maciza	CO2_ABS	22.2	NO	NO	NO	25.3	NO	NO	NO	NO	NO	NO
4.G.1. Madera maciza	CO2	NO	28.0	30.3	28.2	NO	168.7	18.2	15.8	15.8	15.8	15.8

Subcategoría	Cont	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
4.G.1.a. Madera aserrada	CO2_ABS	27.1	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
4.G.1.a. Madera aserrada	CO2	NO	27.1	22.8	22.8	17.6	17.6	17.6	16.7	16.7	16.7	16.7
4.G.1.b. Paneles de madera	CO2_ABS	32.7	32.7	29.0	29.0	22.5	22.5	22.5	NO	NO	NO	NO
4.G.1.b. Paneles de madera	CO2	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	15.2	15.2	15.2	15.2
4.G.2. Papel y cartón	CO2	35.1	NO	30.6	NO	NO	NO	29.9	27.8	27.8	27.8	27.8
4.G.2. Papel y cartón	CO2_ABS	NO	35.1	NO	30.6	29.9	29.9	NO	NO	NO	NO	NO
4.G.2.a. Otros	CO2	35.1	NO	30.6	NO	NO	NO	29.9	27.8	27.8	27.8	27.8
4.G.2.a. Otros	CO2_ABS	NO	35.1	NO	30.6	29.9	29.9	NO	NO	NO	NO	NO

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 6-67 se presentan por separado los resultados de incertidumbre asociados a las emisiones y absorciones de CO_2 de la categoría 4.G. Productos de la madera recolectada para consumo doméstico. A diferencia de las demás categorías, en este caso no se presenta una serie continua de emisiones o absorciones: el resultado depende del signo del cambio anual en las existencias de carbono almacenado en los productos de madera.

Considerando únicamente los años con resultados numéricos, la incertidumbre promedio fue de ±43,76 % para las absorciones y de ±38,96 % para las emisiones. Sin embargo, estos promedios están fuertemente afectados por los valores de ±300 % registrados para las absorciones en 1990 y para las emisiones en 1993. Estos valores elevados pueden presentarse cuando el cambio neto anual de las existencias de carbono es muy pequeño en comparación con la incertidumbre absoluta de los datos utilizados, lo que genera una incertidumbre relativa elevada.

Las absorciones se presentaron de manera intermitente entre 1990 y 2015, con incertidumbres entre ±7,42 % y ±300 %. Desde 2016 no se reportaron absorciones para el total de la categoría. Por su parte, desde 2016 se reportaron emisiones de manera continua. Su incertidumbre disminuyó de ±39,41 % en 2016 a ±6,13 % en 2019 y a ±4,80 % en 2020. Posteriormente aumentó ligeramente hasta alcanzar ±6,09 % en 2024. Para el periodo 2019-2024, la incertidumbre promedio de las emisiones fue de ±5,82 %.

En 2024, la incertidumbre de las emisiones de CO_2 fue de ±15,83 % para madera maciza, ±16,66 % para madera aserrada, ±15,18 % para paneles de madera y ±27,80 % para papel y cartón. Esta última presentó la mayor incertidumbre entre los productos considerados.

6.8.5 AC/CC de la categoría

6.8.6 Nuevos cálculos de la categoría

No se realizaron nuevos cálculos para la categoría 4.G. Productos de la madera recolectada con respecto a las estimaciones reportadas en el BTR1. Las metodologías, los datos de actividad, los parámetros metodológicos y los procedimientos de cálculo utilizados para la elaboración del presente inventario se mantuvieron sin modificaciones. Las diferencias observadas corresponden únicamente a la incorporación de la información disponible para los años 2022–2024, sin que ello implique cambios metodológicos en las estimaciones de la categoría.

En consecuencia, la serie histórica 1990–2021 no presenta modificaciones derivadas de cambios metodológicos, corrección de errores identificados o implementación de recomendaciones provenientes de procesos de revisión técnica. Las diferencias respecto al BTR1 corresponden exclusivamente a la incorporación de las estimaciones para los años 2022–2024(Ideam, 2024).

Por lo anterior, las estimaciones correspondientes a la serie histórica 1990–2021 mantienen los mismos valores previamente reportados en el BTR1. Las estimaciones incorporadas para los años 2022–2024 corresponden únicamente a la actualización de la serie temporal y no modifican la metodología aplicada para la categoría 4.G. Productos de la madera recolectada.

6.8.7 Mejoras planeadas de la categoría

Las mejoras planeadas para la presente categoría 4.G. Productos de la madera recolectada se orientan en la transparencia, coherencia y exhaustividad. Estas actividades priorizadas responden a las oportunidades de mejora identificadas a partir de los procesos de control de calidad (QA/QC), análisis de incertidumbre, resultados de talleres de socialización y la revisión de la disponibilidad de información sectorial, por otra parte, las recomendaciones formuladas desde el apoyo externo como CIAT y/o taller de metano CMNUCC. Su implementación se desarrollará bajo la premisa de articulación interinstitucional asegurando la coherencia con las Directrices del IPCC.

Las oportunidades de mejora específicas para esta categoría se presentan en la Tabla 6-68, en las cuales se detallan los periodos de implementación, los actores responsables y la priorización correspondiente para las diferentes subcategorías.

Tabla 6-68. Productos de la madera recolectada: Plan de mejora

Subcategoría	Oportunidad de mejora	Periodo	Actores	Priorización
4.G. Productos de la madera recolectada (Consumo doméstico)	Estimar las emisiones originadas por la madera aprovechada en bosques naturales y plantaciones forestales comerciales y reportarlas bajo la categoría de productos de madera cosechada (HWP) para asegurar la consistencia entre reservorios.	1990-2024	Ideam-SEA Universidades	BTR4
	Compilar y consolidar los factores de emisión nacionales para HWP con el fin de apoyar el desarrollo de una metodología de Nivel 2.	1990-2024	Ideam-SEA Universidades FAO	BTR3

Fuente: Elaboración propia

6.9 Emisiones de N_2O asociadas a suelos gestionados (CRT 4.II)

6.9.1 Descripción y tendencia de las emisiones y absorciones atmosféricas de la categoría

La categoría 4(II). Emisiones y absorciones provenientes del drenaje y rehumedecimiento y otros manejos de suelos orgánicos y minerales comprende las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a procesos específicos que ocurren en suelos orgánicos y minerales gestionados. Para Colombia, en el presente inventario únicamente se estiman las emisiones de metano (CH_4) correspondientes a la subcategoría 4(II).D.1.b. Tierras inundadas que permanecen como tales, asociadas principalmente a embalses destinados a la generación hidroeléctrica (IPCC, 2006b, 2019) .

Esta categoría se incorpora por primera vez en el Inventario Nacional de GEI reportado en el BTR2, ampliando la cobertura del reporte del sector LULUCF conforme a las Directrices del IPCC de 2006. Las estimaciones se realizaron utilizando información nacional sobre superficies inundadas y los factores de emisión establecidos por el IPCC para cuerpos de agua artificiales permanentes(Ideam, 2024; IPCC, 2006b).

De acuerdo con las Tablas de Reporte Común (CRT), las emisiones de CO_2 asociadas a las tierras inundadas que permanecen como tales se reportan mediante la clave de notación IE (Included Elsewhere), debido a que estas emisiones ya fueron contabilizadas en la categoría 4.D.1.b. Tierras inundadas que permanecen como tales. Asimismo, para esta categoría no se estiman emisiones de N_2O, por lo que se reportan mediante la clave de notación NE (Not Estimated)(UNFCCC, 2024).

La categoría está integrada exclusivamente por la subcategoría 4(II).D.1.b. Tierras inundadas que permanecen como tales, cuya estructura de reporte se presenta en la Figura 6-22.

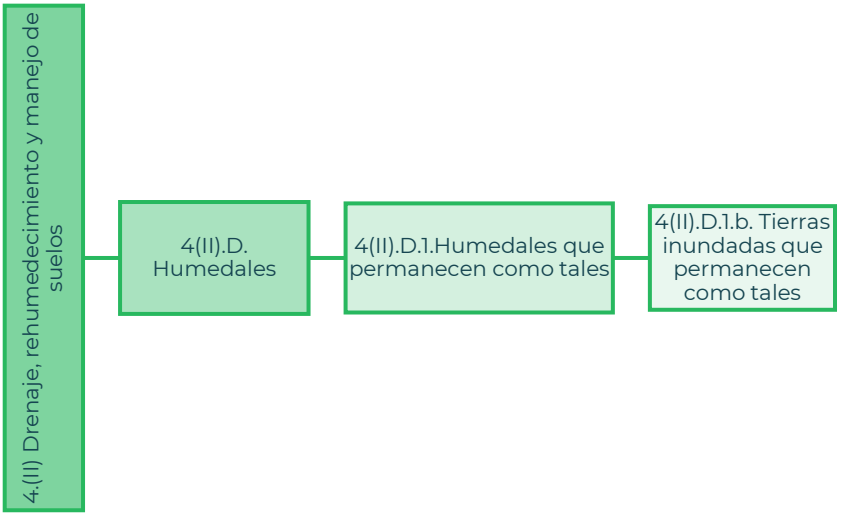


Figura 6-22. Emisiones y absorciones provenientes del drenaje y rehumedecimiento y otros manejos de suelos orgánicos y minerales: Estructura de categorías y subcategorías.

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 6-69 presenta las emisiones de GEI de la categoría 4(II). Emisiones y absorciones provenientes del drenaje y rehumedecimiento y otros manejos de suelos orgánicos y minerales para los años seleccionados de la serie temporal 1990–2024, desagregadas por categoría y subcategoría. Dado que Colombia únicamente estima las emisiones de CH_4 correspondientes a la subcategoría 4(II).D.1.b. Tierras inundadas que permanecen como tales, los resultados reflejan exclusivamente la contribución de esta fuente al total de emisiones de la categoría, mientras que el CO_2 se reporta como IE y el N_2O como NE, de acuerdo con las Directrices del IPCC y las CRT (IPCC, 2006b; UNFCCC, 2024).

Tabla 6-69. Emisiones y absorciones provenientes del drenaje y rehumedecimiento y otros manejos de suelos orgánicos y minerales: Emisiones de GEI por categoría y subcategoría (kt CO_2eq), años seleccionados, 1990–2024.

GEI	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
CO2	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
CH4	25,2	26,1	20,6	20,1	4,2	8,9	54,8	60,0	53,0	56,4	54,0
N2O	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
HFC	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
PFC	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Mezclas no específicas de HFC y PFC	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
SF6	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
NF3	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Total	**25,2**	**26,1**	**20,6**	**20,1**	**4,2**	**8,9**	**54,8**	**60,0**	**53,0**	**56,4**	**54,0**

Nota: Los valores corresponden a las emisiones de CH_4 expresadas en CO_2 equivalente. Las emisiones de CO_2 se reportan mediante la clave de notación IE (Included Elsewhere) al estar incluidas en la categoría 4.D.1.b. Tierras inundadas que permanecen como tales. Las emisiones de N_2O se reportan mediante la clave NE (Not Estimated).

Fuente: Elaboración propia

La tendencia de las emisiones netas durante la serie temporal 1990–2024, se observa una marcada variabilidad en las emisiones de CH_4. Entre 1990 y 2009 las emisiones oscilaron principalmente entre 20 y 26 kt CO_2eq; posteriormente disminuyeron hasta alcanzar un mínimo de 4,2 kt CO_2eq en 2010 y nuevamente aumentaron a partir de 2015, registrando los valores más altos de la serie entre 2020 y 2024. Este comportamiento refleja las variaciones en la superficie de tierras inundadas consideradas en el inventario y la aplicación consistente de la

metodología del IPCC para la estimación de emisiones de metano provenientes de embalses permanentes (IPCC, 2006, IPCC, 2019).

En 2024, la categoría 4(II) registró emisiones de CH_4 equivalentes a 54,0 kt CO_2eq, correspondientes exclusivamente a la subcategoría 4(II).D.1.b. Tierras inundadas que permanecen como tales. Al estar conformada por una única subcategoría, esta representa el 100 % de las emisiones reportadas para la categoría.

En comparación con 2021, último año reportado en el BTR1, las emisiones disminuyeron de 60,0 kt CO_2eq a 54,0 kt CO_2eq en 2024, lo que representa una reducción del 10,0 %. Frente a 2023 (56,4 kt CO_2eq), las emisiones también disminuyeron un 4,3 %, comportamiento asociado a las variaciones registradas en la superficie de tierras inundadas consideradas en la estimación.

La Figura 6-23 complementa la información presentada en la Tabla 6-69 mostrando la evolución temporal de las emisiones de CH_4 durante el periodo 1990–2024. Debido a que la categoría está integrada únicamente por la subcategoría 4(II).D.1.b. Tierras inundadas que permanecen como tales, esta representa el 100 % de las emisiones reportadas en 2024. En conjunto, la serie histórica evidencia una disminución de las emisiones durante el periodo 2010–2014 y un incremento posterior hasta alcanzar los mayores valores entre 2020 y 2024.

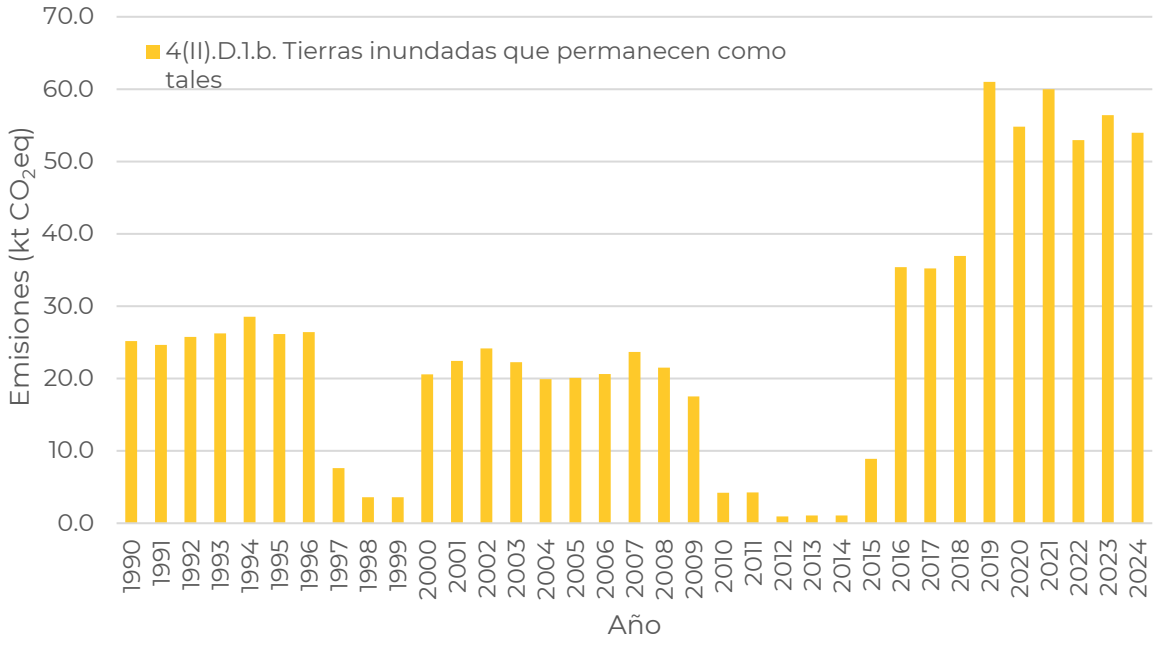


Figura 6-23. Emisiones y absorciones provenientes del drenaje y rehumedecimiento y otros manejos de suelos orgánicos y minerales. Emisiones de CH_4 por subcategoría (kt CO_2eq), 1990–2024.

Nota: El gráfico de barras presenta la evolución de las emisiones de CH_4 expresadas en CO_2 equivalente durante el periodo 1990–2024.

Fuente: Elaboración propia

6.9.2 Aspectos metodológicos de la categoría

La estimación de las emisiones de metano (CH_4) de la categoría 4(II). Emisiones y absorciones provenientes del drenaje y rehumedecimiento y otros manejos de suelos orgánicos y minerales se realizó de conformidad con las Directrices del IPCC de 2006 para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero, Volumen 4 Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra (AFOLU), Capítulo 7, aplicando un método Tier 1 para la estimación de emisiones de CH_4 provenientes de tierras inundadas que permanecen como tales (IPCC, 2006, IPCC, 2019).

Para Colombia, la categoría comprende únicamente la subcategoría 4(II).D.1.b. Tierras inundadas que permanecen como tales, correspondiente principalmente a embalses destinados a la generación hidroeléctrica. La estimación se desarrolló utilizando información nacional sobre la superficie inundada permanente y los factores de emisión recomendados por las Directrices del IPCC de 2006 para este tipo de sistemas, mediante el cálculo del producto entre el área inundada y el factor de emisión correspondiente.

Los cálculos fueron desarrollados utilizando las hojas de estimación del Inventario Nacional de GEI, integrando información proveniente del Ministerio de Minas y Energía, la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME),

el Ideam y demás fuentes oficiales empleadas para la construcción de la serie temporal del inventario (Ideam, 2024).

La Tabla 6-70 presenta los aspectos metodológicos utilizados para la estimación de las emisiones de CH_4 de la categoría 4(II). Emisiones y absorciones provenientes del drenaje y rehumedecimiento y otros manejos de suelos orgánicos y minerales.

Tabla 6-70. 4(II). Aspectos metodológicos para la estimación de emisiones de CH_4

Subcategoría	Contaminante	Nivel (Tier)	No. ecuación	Ecuación	Fuente
4(II).D.1.b. Tierras inundadas que permanecen como tales	CH_4	1	V. 4, Ch. 2 y 3, Ec. 2a.1 y 3a.1	$GEI_{emisiones\ tierra\ inund} = P \times E\ (GEI\ EQ)_{difusión} \times A_{total\ inund} f\Delta \times 10^{-6}$ Donde: $GEI_{emisiones\ tierra\ inund}$ = total de emisiones de GEI desde la tierra convertida a tierra inundada, Gg GEI/año. P=número de días sin cobertura de hielo durante un año, días/año. $E(GEI)_{difusión}$ =promedio diario de emisiones por difusión, kg GEI ha^{-1} $día^{-1}$. $A_{total\ inund}$= área total de la superficie del reservorio, incluyendo tierras inundadas, lagos y ríos, ha. f_Δ= fracción del área total del reservorio que fue inundada durante los últimos 10 años.	IPCC, 2006

Nota: Para esta categoría únicamente se estiman emisiones de CH_4. Las emisiones de CO_2 se reportan mediante la clave de notación IE (Included Elsewhere), al estar incluidas en la categoría 4.D.1.b. Tierras inundadas que permanecen como tales, mientras que las emisiones de N_2O se reportan mediante la clave NE (Not Estimated).

Fuente: Elaboración propia

6.9.2.1 Datos de actividad de la categoría

Los datos de actividad utilizados para la estimación de las emisiones de CH_4 en la categoría 4(II). Emisiones y absorciones provenientes del drenaje y rehumedecimiento y otros manejos de suelos orgánicos y minerales corresponden a las superficies de tierras inundadas que permanecen como tales (A), empleadas como variable de entrada en la ecuación de estimación recomendada por las Directrices del IPCC de 2006(IPCC, 2006b). La información proviene de fuentes oficiales nacionales y fue armonizada para garantizar la consistencia metodológica y temporal del Inventario Nacional de GEI (Ideam, 2024).

Para la subcategoría 4(II).D.1.b. Tierras inundadas que permanecen como tales, los datos de actividad corresponden a las superficies ocupadas por embalses y otras áreas inundadas permanentes destinadas principalmente a la generación hidroeléctrica. Estas superficies corresponden a las mismas utilizadas para la estimación de las emisiones y absorciones de CO_2 reportadas en la categoría 4.D.1.b. Tierras inundadas que permanecen como tales, garantizando la consistencia espacial, temporal y metodológica entre ambas categorías del Inventario Nacional de GEI.

Con el propósito de garantizar la coherencia de la serie temporal 1990–2024, los datos de actividad fueron sometidos a procesos de validación, armonización y control de calidad, verificando su consistencia espacial, temporal y metodológica con respecto a las bases de cálculo utilizadas en el Inventario Nacional de GEI(Ideam, 2024).

La Tabla 6-71 presenta las principales fuentes de datos de actividad utilizadas para la estimación de las emisiones de CH_4 de la categoría 4(II). Emisiones y absorciones provenientes del drenaje y rehumedecimiento y otros manejos de suelos orgánicos y minerales.

Tabla 6-71. Emisiones y absorciones provenientes del drenaje y rehumedecimiento y otros manejos de suelos orgánicos y minerales. Fuentes de datos de actividad utilizadas para la estimación de emisiones de CH_4

Subcategoría	Dato de actividad	Periodo	Fuente de información	Comentarios
4(II).D.1.b. Tierras inundadas que permanecen como tales	Superficie de tierras inundadas (ha)	1990–2024	Ministerio de Minas y Energía; UPME; Ideam	Información utilizada para la estimación de las emisiones de CH_4 provenientes de embalses permanentes.

Fuente: Elaboración propia con base en el Ministerio de Minas y Energía, la UPME, el Ideam y el Inventario Nacional de GEI de Colombia.

La Tabla 6-72 presenta los datos de actividad utilizados para la estimación de las emisiones de CH_4 de la categoría 4(II). Emisiones y absorciones provenientes del drenaje y rehumedecimiento y otros manejos de suelos orgánicos y minerales durante el periodo 1990–2024. Los valores corresponden a las superficies inundadas empleadas como variables de entrada en las bases de cálculo del Inventario Nacional de GEI para la estimación de las emisiones de metano provenientes de tierras inundadas que permanecen como tales. Estos datos son consistentes con los utilizados en la categoría 4.D.1.b. Tierras inundadas que permanecen como tales, garantizando la coherencia metodológica entre ambas categorías.

Tabla 6-72. Emisiones y absorciones provenientes del drenaje y rehumedecimiento y otros manejos de suelos orgánicos y minerales. Datos de actividad utilizados para la estimación de emisiones de CH_4, 1990–2024

Año	4.D.1.b. Tierras inundadas que permanecen como tales				
	Área inundada de humedales ha	Fracción de área inundada Porcentaje (decimal)	Año	Área inundada de humedales ha	Fracción de área inundada Porcentaje (decimal)
1990	11.228,0	3,17	2008	9.540,0	2,36
1991	11.228,0	3,06	2009	9.540,0	2,05
1992	12.675,7	4,48	2010	2.631,0	2,38
1993	12.675,7	4,59	2011	1.646,0	1,72
1994	13.890,7	5,64	2012	446,0	0,71
1995	11.859,7	4,87	2013	446,0	0,79
1996	11.859,7	4,97	2014	446,0	0,79
1997	3.399,7	3,35	2015	14.229,0	1,73
1998	2.662,7	2,52	2016	14.229,0	2,33
1999	2.662,7	2,52	2017	14.229,0	2,33
2000	10.017,7	3,21	2018	14.229,0	2,37
2001	11.002,7	4,20	2019	18.006,7	3,35
2002	10.756,0	3,43	2020	17.560,7	2,39
2003	10.757,0	3,12	2021	17.560,7	2,47
2004	9.540,0	2,14	2022	17.560,7	2,35
2005	9.540,0	2,24	2023	17.560,7	2,43
2006	9.540,0	2,15	2024	10.682,7	1,60
2007	9.540,0	2,35			

Nota: Los valores corresponden a los datos de actividad utilizados como variables de entrada para la estimación de las emisiones de CH_4 de la categoría 4(II).D.1.b. Tierras inundadas que permanecen como tales durante el periodo 1990–2024. Las superficies inundadas son las mismas empleadas para la estimación de las emisiones

de CO_2 reportadas en la categoría 4.D.1.b. Tierras inundadas que permanecen como tales, garantizando la consistencia metodológica del Inventario Nacional de GEI.

Fuente: Elaboración propia con base en el Ministerio de Minas y Energía, la UPME, el Ideam y el Inventario Nacional de GEI de Colombia.

6.9.2.2 Factores de emisión aplicados en la categoría

La estimación de las emisiones de CH_4 de la categoría 4(II). Emisiones y absorciones provenientes del drenaje y rehumedecimiento y otros manejos de suelos orgánicos y minerales utiliza los factores de emisión por defecto recomendados en las Directrices del IPCC de 2006, Volumen 4, Capítulo 7, correspondientes a tierras inundadas que permanecen como tales. Estos factores representan las emisiones de metano generadas por la descomposición anaerobia de la materia orgánica en cuerpos de agua artificiales permanentes y se aplican mediante un método Tier 1 (IPCC, 2006, IPCC, 2019).

Los factores de emisión fueron aplicados a las superficies inundadas reportadas como datos de actividad para estimar las emisiones anuales de CH_4 provenientes de embalses destinados principalmente a la generación hidroeléctrica, conforme a la ecuación metodológica presentada en el numeral 6.9.2. La Tabla 6-73 presenta los factores de emisión utilizados para la estimación de las emisiones de CH_4 de esta categoría.

Tabla 6-73. Emisiones y absorciones provenientes del drenaje y rehumedecimiento y otros manejos de suelos orgánicos y minerales: Factores de emisión utilizados para la estimación de emisiones de CH_4

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad
4(II).D.1.b. Tierras inundadas que permanecen como tales	IPCC, 2006, V.4, Ch.7. IPCC, 2013	Tier 1	Factor de emisión CH_4 por difusión – Clima templado cálido húmedo	CH_4	0,150 **Ver Anexo 6.4 en Capítulo 10**	kg CH_4.ha/día
4(II).D.1.b. Tierras inundadas que permanecen como tales	IPCC, 2006, V.4, Ch.7. IPCC, 2013	Tier 1	Factor de emisión CH_4 por difusión – Clima templado cálido seco	CH_4	0,044 **Ver Anexo 6.4 en Capítulo 10**	kg CH_4.ha/día
4(II).D.1.b. Tierras inundadas que permanecen como tales	IPCC, 2006, V.4, Ch.7. IPCC, 2013	Tier 1	Factor de emisión CH_4 por difusión – Clima tropical muy húmedo	CH_4	0,630 **Ver Anexo 6.4 en Capítulo 10**	kg CH_4.ha/día
4(II).D.1.b. Tierras inundadas que permanecen como tales	IPCC, 2006, V.4, Ch.7. IPCC, 2013	Tier 1	Factor de emisión CH_4 por difusión – Clima tropical seco	CH_4	0,295 **Ver Anexo 6.4 en Capítulo 10**	kg CH_4.ha/día
4(II).D.1.b. Tierras inundadas que permanecen como tales	IPCC, 2006, V.4, Ch.7.	Tier 1	Días sin hielo	CH_4	365	día
4(II).D.1.b. Tierras inundadas que permanecen como tales	Sistema Internacional de Unidades (SI)	Tier 1	Factor de conversión kg–kt	CH_4	0,000001	Adimensional
4(II).D.1.b. Tierras inundadas que permanecen como tales	IPCC (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis (AR5)*	Tier 1	Potencial de calentamiento global (CH_4 → CO_2 eq)	CH_4	28	kg CO_2 eq.kg/CH_4

Nota: La categoría 4(II).D.1.b. Tierras inundadas que permanecen como tales utiliza el factor de emisión recomendado por las Directrices del IPCC de 2006 para la estimación de emisiones de CH_4 provenientes de cuerpos de agua artificiales permanentes.

Fuente: Elaboración propia

6.9.3 Descripción de flexibilidad aplicada en la categoría

No se aplica a flexibilidad para esta subcategoría.

6.9.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría

Tabla 6-74. Resultados de incertidumbre (%) por propagación del error para 4.(II). Emisiones de N_2O asociadas a suelos gestionados

Subcategoría	Cont	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
4(II).D. Humedales	Total Emisión	64,7	79,6	73,5	71,3	57,9	53,9	60,7	61,3	59,4	60,2	63,1
4(II).D.1.b. Tierras inundadas que permanecen como tales	CH4	64,7	79,6	73,5	71,3	57,9	53,9	60,7	61,3	59,4	60,2	63,1

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la tabla anterior, las emisiones de CH_4 provenientes de tierras inundadas que permanecen como tales presentan una incertidumbre promedio histórica de ±73,39 %. En 1990, la incertidumbre fue de ±64,71 %, mientras que en 2024 alcanzó ±63,13 %, lo que representa una reducción relativa del 2,44 %, equivalente a 1,58 puntos porcentuales.

La incertidumbre del CH_4 muestra una elevada variabilidad durante la serie. El valor mínimo se registró en 1996, con ±50,34 %, mientras que el máximo se presentó en 1999, con ±148,91 %. En los años recientes, la incertidumbre pasó de ±61,31 % en 2021 a ±59,45 % en 2022, ±60,24 % en 2023 y ±63,13 % en 2024.

Los elevados niveles de incertidumbre del CH_4 se encuentran asociados a los datos de actividad y parámetros empleados para caracterizar las superficies inundadas y las emisiones provenientes de estos sistemas. No obstante, la incertidumbre agregada de los humedales puede ser inferior a la de este componente individual debido a su participación relativa dentro de las emisiones totales de la categoría.

6.9.5 AC/CC de la categoría

6.9.6 Nuevos cálculos de la categoría

La categoría 4(II). Emisiones y absorciones provenientes del drenaje y rehumedecimiento y otros manejos de suelos orgánicos y minerales se incorpora por primera vez en el Segundo Informe Bienal de Transparencia (BTR2); por tanto, no existen estimaciones previamente reportadas en el BTR1 que permitan realizar una comparación o identificar nuevos cálculos.

Las emisiones de CH_4 correspondientes a la subcategoría 4(II).D.1.b. Tierras inundadas que permanecen como tales fueron estimadas por primera vez para la serie temporal 1990–2024, aplicando la metodología establecida en las Directrices del IPCC de 2006 y utilizando información nacional sobre superficies inundadas y los factores de emisión recomendados por dichas directrices(Ideam, 2024).

En consecuencia, este capítulo constituye el primer reporte oficial de esta categoría en el Inventario Nacional de GEI de Colombia.

6.9.7 Mejoras planeadas de la categoría

Las mejoras planeadas para la presente categoría 4(II). Emisiones y absorciones provenientes del drenaje y rehumedecimiento y otros manejos de suelos orgánicos y minerales se orientan en la transparencia, coherencia, comparabilidad y exhaustividad. Estas actividades priorizadas responden a las oportunidades de mejora identificadas a partir de los procesos de control de calidad (QA/QC), análisis de incertidumbre, resultados de talleres de socialización y la revisión de la disponibilidad de información sectorial, por otra parte, las recomendaciones formuladas desde el apoyo externo como CIAT y/o taller de metano CMNUCC. Su implementación se desarrollará bajo la premisa de articulación interinstitucional asegurando la coherencia con las Directrices del IPCC.

Las oportunidades de mejora específicas para esta categoría se presentan en la Tabla 6-75, en las cuales se detallan los periodos de implementación, los actores responsables y la priorización correspondiente para las diferentes subcategorías.

Tabla 6-75. Emisiones y absorciones provenientes del drenaje y rehumedecimiento y otros manejos de suelos orgánico y minerales: Emisiones y absorciones provenientes del drenaje y rehumedecimiento y otros manejos de suelos orgánicos y minerales. Plan de mejora

Subcategoría	Oportunidad de mejora	Periodo	Actores	Priorización
4.(II). Emisiones y absorciones provenientes del drenaje y rehumedecimiento y otros manejos de suelos orgánicos y minerales	Compilar los datos de actividad e incluir estimaciones de emisiones de N_2O por mineralización/inmovilización, emisiones y remociones por manejo de suelos orgánicos y minerales, y emisiones directas de N_2O por aportes de nitrógeno.	1990-2024	Ideam-SEA Ministerio de Minas y Energía UPME	BTR3

Fuente: Elaboración propia

6.10 Quema de biomasa (CRT 4.IV)

6.10.1 Descripción y tendencia de las emisiones y absorciones atmosféricas de la categoría

La categoría 4(IV). Quema de biomasa comprende las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), carbono negro (CN) y contaminantes criterio (CR) generadas por la combustión de biomasa en tierras gestionadas. De conformidad con las Directrices del IPCC de 2006, esta categoría reporta las emisiones distintas del dióxido de carbono (CO_2), debido a que las emisiones y absorciones de este gas asociadas a la pérdida de biomasa se contabilizan en las categorías de uso y cambio de uso de la tierra correspondientes mediante los cambios en las existencias de carbono (EEA, 2019; IPCC, 2006, IPCC, 2019). Para el Inventario Nacional de GEI de Colombia correspondiente al periodo 1990–2024, únicamente se estiman emisiones asociadas a incendios forestales ocurridos en tierras forestales que permanecen como tales (4(IV).A.1.b) y pastizales que permanecen como tales (4(IV).C.1.b). No se estiman emisiones provenientes de quemas controladas ni de incendios en otras categorías de uso de la tierra, debido a la ausencia de información nacional consistente sobre estas actividades.

Las emisiones fueron estimadas siguiendo las metodologías del Volumen 4, Capítulo 2 de las Directrices del IPCC de 2006, utilizando datos nacionales de área afectada por incendios, biomasa disponible para la combustión y factores de combustión específicos para cada cobertura vegetal. Para la estimación de carbono negro y contaminantes criterio se emplearon los factores de emisión recomendados por la Guía EMEP/EEA 2019, garantizando la consistencia metodológica con el resto del Inventario Nacional de GEI (EEA, 2019; IPCC, 2006, IPCC, 2019). La categoría se estructura en dos subcategorías estimadas, las cuales se presentan en la Figura 6-24.

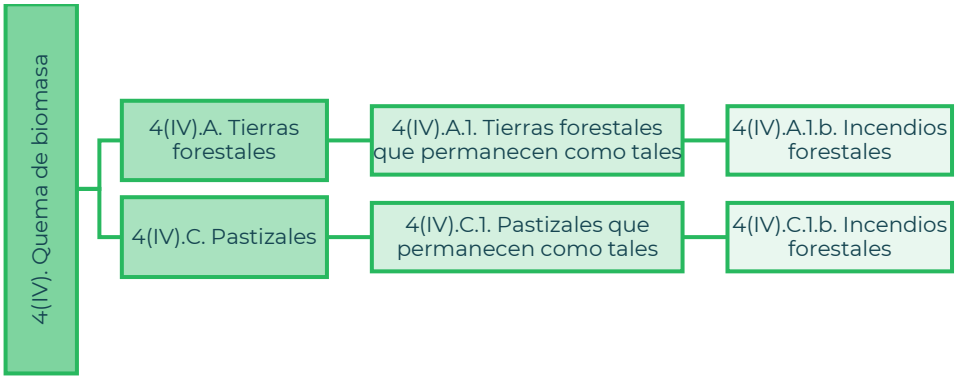


Figura 6-24. Quema de biomasa: Categorías y subcategorías estimadas en la categoría 4(IV). Quema de biomasa

Nota: Se presentan únicamente las subcategorías estimadas para el Inventario Nacional de GEI de Colombia durante el periodo 1990–2024. Fuente: Elaboración propia

La Tabla 6-76 presenta las emisiones de gases de efecto invernadero estimadas para la categoría 4(IV). Quema de biomasa durante los años seleccionados de la serie temporal 1990–2024, desagregadas por categoría y subcategoría. Los resultados corresponden exclusivamente a las emisiones generadas por incendios forestales en tierras forestales y pastizales, expresadas en kilotoneladas de CO_2 equivalente (kt CO_2eq).

Tabla 6-76. Quema de biomasa: Emisiones totales de GEI por categoría y subcategoría (kt CO_2eq).

Subcategorias	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
4(IV).A. Tierras forestales	477,9	343,4	382,1	76,2	565,5	448,4	35,5	48,8	263,7	214,9	122,4
4(IV).A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	477,9	343,4	382,1	76,2	565,5	448,4	35,5	48,8	263,7	214,9	122,4
4(IV).A.1.b. Incendios forestales (Tierras forestales)	477,9	343,4	382,1	76,2	565,5	448,4	35,5	48,8	263,7	214,9	122,4
4(IV).C. Pastizales	46,8	33,6	37,4	15,6	50,2	2,0	4,1	0,5	0,5	0,5	0,5
4(IV).C.1. Pastizales que permanecen como tales	46,8	33,6	37,4	15,6	50,2	2,0	4,1	0,5	0,5	0,5	0,5
4(IV).C.1.b. Incendios forestales (Pastizales)	46,8	33,6	37,4	15,6	50,2	2,0	4,1	0,5	0,5	0,5	0,5
4(IV). Quema de biomasa	**524,7**	**377,1**	**419,5**	**91,8**	**615,7**	**450,4**	**39,7**	**49,3**	**264,2**	**215,4**	**122,9**

Nota: Las emisiones corresponden a CH_4 y N_2O expresadas en CO_2 equivalente. Las emisiones de CO_2 derivadas de la combustión de biomasa se reportan como IE (Included Elsewhere) debido a que se contabilizan mediante los cambios en las existencias de carbono de las categorías 4.A Tierras forestales y 4.C Pastizales. Fuente: Elaboración propia

En 2024, la categoría 4(IV). Quema de biomasa registró emisiones de 122,9 kt CO_2eq, correspondientes exclusivamente a CH_4 y N_2O provenientes de incendios forestales en tierras forestales y pastizales. La subcategoría 4(IV).A.1.b. Incendios forestales aportó 122,4 kt CO_2eq (99,6 %) del total de la categoría, mientras que 4(IV).C.1.b. Incendios forestales contribuyó con 0,5 kt CO_2eq (0,4 %). En comparación con 2021, último año reportado en el BTR1 (49,3 kt CO_2eq), las emisiones de 2024 aumentaron 149,3 %. Frente a 2023 (215,4 kt CO_2eq), las emisiones disminuyeron 43,0 %, reflejando la reducción del área afectada por incendios forestales durante el último año de la serie.

La Figura 6-25 muestra la evolución de las emisiones totales de GEI de la categoría 4(IV). Quema de biomasa durante el periodo 1990–2024(Ideam, 2024). La gráfica permite identificar la contribución relativa de los incendios forestales ocurridos en tierras forestales y pastizales al total de emisiones de la categoría.

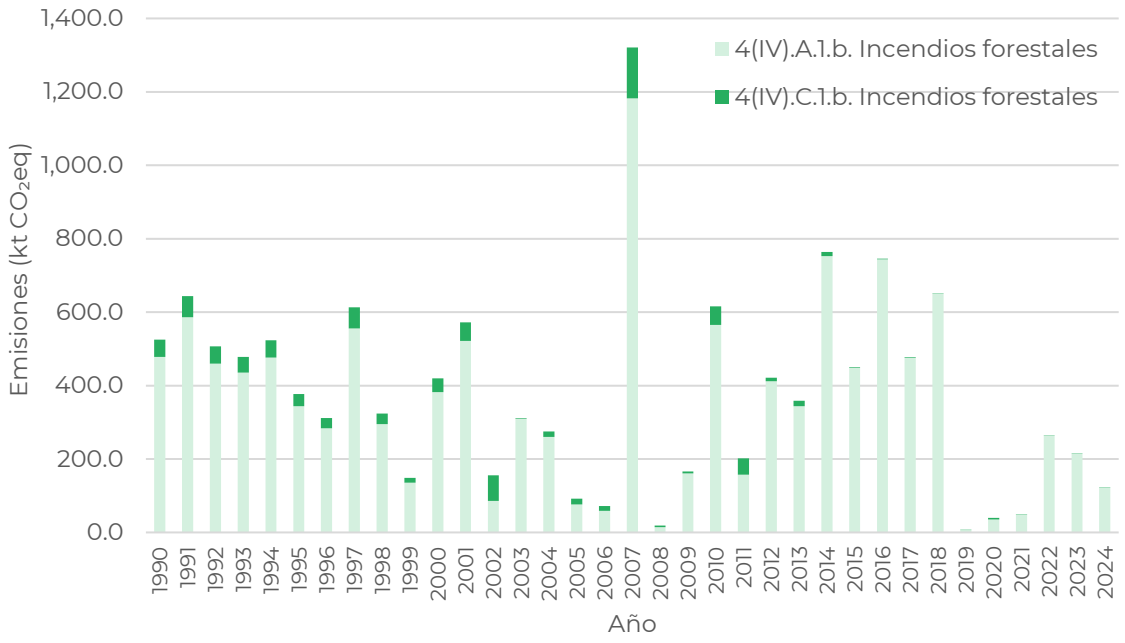


Figura 6-25. Quema de biomasa: Emisiones totales de GEI por subcategoría, 1990–2024 (kt CO_2eq)

Nota: Las emisiones representan únicamente CH_4 y N_2O expresados en CO_2 equivalente. Las emisiones de CO_2 derivadas de la combustión de biomasa se reportan en las categorías correspondientes de cambio en las existencias de carbono. Fuente: Elaboración propia

Las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) asociadas a la categoría 4(IV). Quema de biomasa corresponden exclusivamente a las emisiones de CH_4 y N_2O generadas durante la combustión de biomasa en incendios forestales ocurridos en tierras forestales y pastizales.

De conformidad con las Directrices del IPCC de 2006, las emisiones de CO_2 derivadas de la combustión de biomasa no se contabilizan en esta categoría, ya que el carbono liberado durante el incendio se encuentra incorporado en las estimaciones de cambios en las existencias de carbono reportadas en las categorías 4.A. Tierras forestales y 4.C. Pastizales. En consecuencia, el CO_2 se reporta mediante la clave de notación NA (Included Elsewhere) en las Tablas de Reporte Común (CRT) (EEA, 2019; IPCC, 2006, IPCC, 2019).

Tabla 6-77. Quema de biomasa: Emisiones totales de GEI 1990 – 2021 (kt CO_2eq)

GEI	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
CO2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
CH4	399,0	286,7	319,0	68,0	469,3	351,8	30,0	38,4	206,6	168,4	96,0
N20	125,8	90,4	100,5	23,8	146,4	98,6	9,7	10,9	57,7	47,0	26,9
Total GEI	**524,7**	**377,1**	**419,5**	**91,8**	**615,7**	**450,4**	**39,7**	**49,3**	**264,2**	**215,4**	**122,9**

Nota: El CO_2 se reporta mediante la clave de notación IE (Included Elsewhere), debido a que las emisiones derivadas de la combustión de biomasa ya se encuentran contabilizadas en las categorías 4.A. Tierras forestales y 4.C. Pastizales del Inventario Nacional de GEI. Fuente: Elaboración propia

La Tabla 6-77 muestra que las emisiones de GEI de la categoría corresponden únicamente a CH_4 y N_2O, siendo el primero el principal contribuyente al total de emisiones. Las variaciones observadas durante la serie temporal responden principalmente a los cambios en la superficie afectada por incendios forestales y a la cantidad de biomasa disponible para la combustión en tierras forestales y pastizales.

La Figura 6-26 presenta la evolución de las emisiones de CH_4 y N_2O, expresadas en CO_2 equivalente, generadas por la quema de biomasa en tierras forestales y pastizales durante el periodo 1990–2024. Se observa que el CH_4 constituye el principal aporte al total de emisiones de GEI de la categoría durante toda la serie temporal, mientras que las emisiones de N_2O representan una fracción menor, manteniendo un comportamiento temporal similar debido a que ambos gases se estiman a partir de la misma actividad de quema de biomasa.

Las variaciones interanuales reflejan principalmente los cambios en la superficie afectada por incendios y en la cantidad de biomasa consumida durante los eventos de combustión. El mayor nivel de emisiones se registra en 2007, asociado a un incremento significativo de la biomasa quemada, mientras que en los años posteriores las emisiones presentan una tendencia variable, consistente con la ocurrencia e intensidad de los incendios forestales registrados en el país(Ideam, 2024). Se evidencia que la dinámica de las emisiones de GEI de la categoría 4(IV). Quema de biomasa está determinada principalmente por las emisiones de CH_4, las cuales representan la mayor proporción del total reportado, mientras que el N_2O mantiene una contribución relativamente constante a lo largo de la serie temporal.

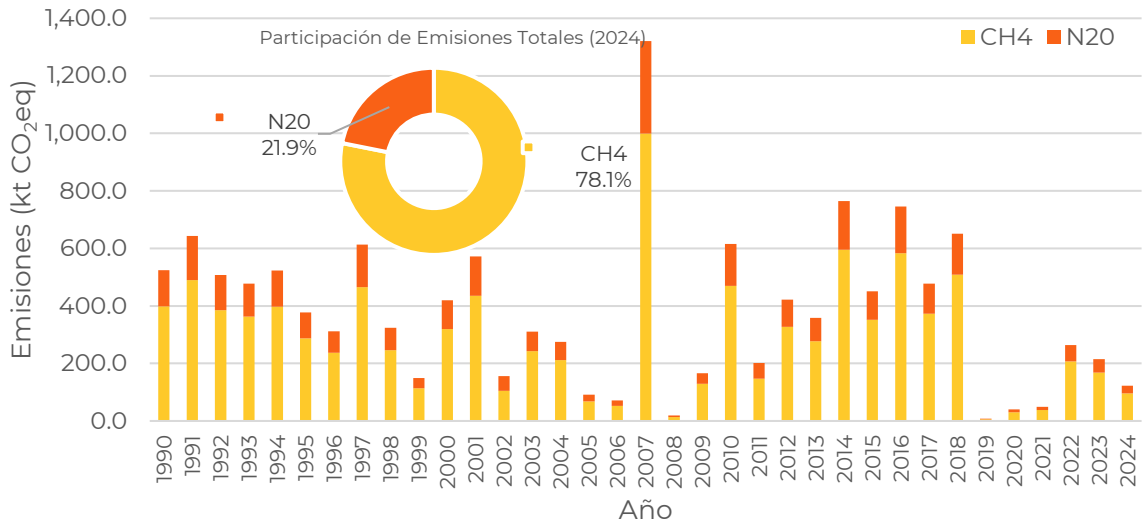


Figura 6-26. Quema de biomasa: Emisiones de gases de efecto invernadero por tipo de gas, 1990–2024 (kt CO_2eq).

Nota: La figura presenta la evolución temporal de las emisiones de CH_4 y N_2O, expresadas en CO_2 equivalente, provenientes de la quema de biomasa en tierras forestales y pastizales durante el periodo 1990–2024. Las emisiones corresponden a la suma de ambas subcategorías reportadas para la categoría 4(IV). Quema de

biomasa. Las emisiones de CO_2 no se incluyen en esta figura, debido a que se reportan mediante la clave de notación IE (Included Elsewhere) al estar contabilizadas en las categorías 4.A. Tierras forestales y 4.C. Pastizales. Fuente: Elaboración propia

Además de las emisiones de gases de efecto invernadero, en la categoría 4(IV). Quema de biomasa se estiman las emisiones de carbono negro (CN) y de contaminantes criterio (CR) generadas durante la combustión de biomasa en incendios forestales ocurridos en tierras forestales y pastizales.

Las estimaciones se realizaron empleando la biomasa efectivamente consumida durante los incendios y los factores de emisión recomendados por la Guía EMEP/EEA 2019 y otras referencias técnicas adoptadas por el Inventario Nacional de GEI para la estimación de contaminantes atmosféricos provenientes de la quema de biomasa (EEA, 2019; IPCC, 2006, IPCC, 2019).

Los contaminantes estimados corresponden a óxidos de nitrógeno (NO_x), amoníaco (NH_3), monóxido de carbono (CO), compuestos orgánicos volátiles distintos del metano (COVDM), carbono negro (CN), óxidos de azufre (SO_x), dióxido de azufre (SO_2), material particulado menor a 10 µm (PM_{10}) y material particulado menor a 2,5 µm ($PM_{2.5}$).

La Tabla 6-78 presenta las emisiones nacionales de carbono negro y contaminantes criterio estimadas para la categoría 4(IV). Quema de biomasa durante el periodo 1990–2024, correspondientes a la suma de las emisiones provenientes de incendios forestales en tierras forestales y pastizales.

Tabla 6-78. Quema de biomasa: Emisiones de carbono negro y contaminantes criterio, 1990–2024

Contamiante	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
NOx	6,3	4,5	5,0	1,9	8,6	6,5	0,6	0,7	3,9	3,2	1,8
NH3	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
CO	188,3	135,3	150,5	55,9	258,7	194,9	16,7	22,0	117,3	95,4	52,9
COVDM	18,8	13,5	15,1	5,6	25,9	19,5	1,7	2,2	11,7	9,5	5,3
CN	1,9	1,4	1,5	0,4	2,2	1,5	0,1	0,2	0,9	0,7	0,4
SOX	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
SO2	1,3	0,9	1,0	0,4	1,7	1,3	0,1	0,1	0,8	0,6	0,4
PM10	25,9	18,6	20,7	4,9	30,2	20,5	2,0	2,3	12,0	9,8	5,6
PM2.5	21,2	15,2	16,9	4,0	24,7	16,7	1,6	1,8	9,8	8,0	4,6

Nota: Las emisiones informativas para esta categoría corresponden a la suma de los incendios forestales ocurridos en tierras forestales y pastizales durante el periodo 1990–2024. Las estimaciones fueron realizadas utilizando los factores de emisión recomendados por la Guía EMEP/EEA 2019 y otras referencias técnicas adoptadas por el Inventario Nacional de GEI para la estimación de emisiones provenientes de la quema de biomasa. Fuente: Elaboración propia

El monóxido de carbono (CO) constituye el principal contaminante emitido durante la quema de biomasa, seguido por los compuestos orgánicos volátiles distintos del metano (COVDM) y el material particulado ($PM_{2.5}$ y PM_{10}). Por su parte, las emisiones de carbono negro (CN) representan una fracción del material particulado generado durante la combustión incompleta de la biomasa y constituyen un contaminante climático de vida corta de especial interés por su contribución al forzamiento radiactivo.

Las variaciones observadas durante la serie temporal responden principalmente a los cambios en la superficie afectada por incendios y en la cantidad de biomasa consumida durante los eventos de combustión. En consecuencia, la evolución de las emisiones de carbono negro y de los contaminantes criterio mantiene un comportamiento consistente con la tendencia observada para las emisiones de CH_4 y N_2O reportadas para la categoría 4(IV). Quema de biomasa.

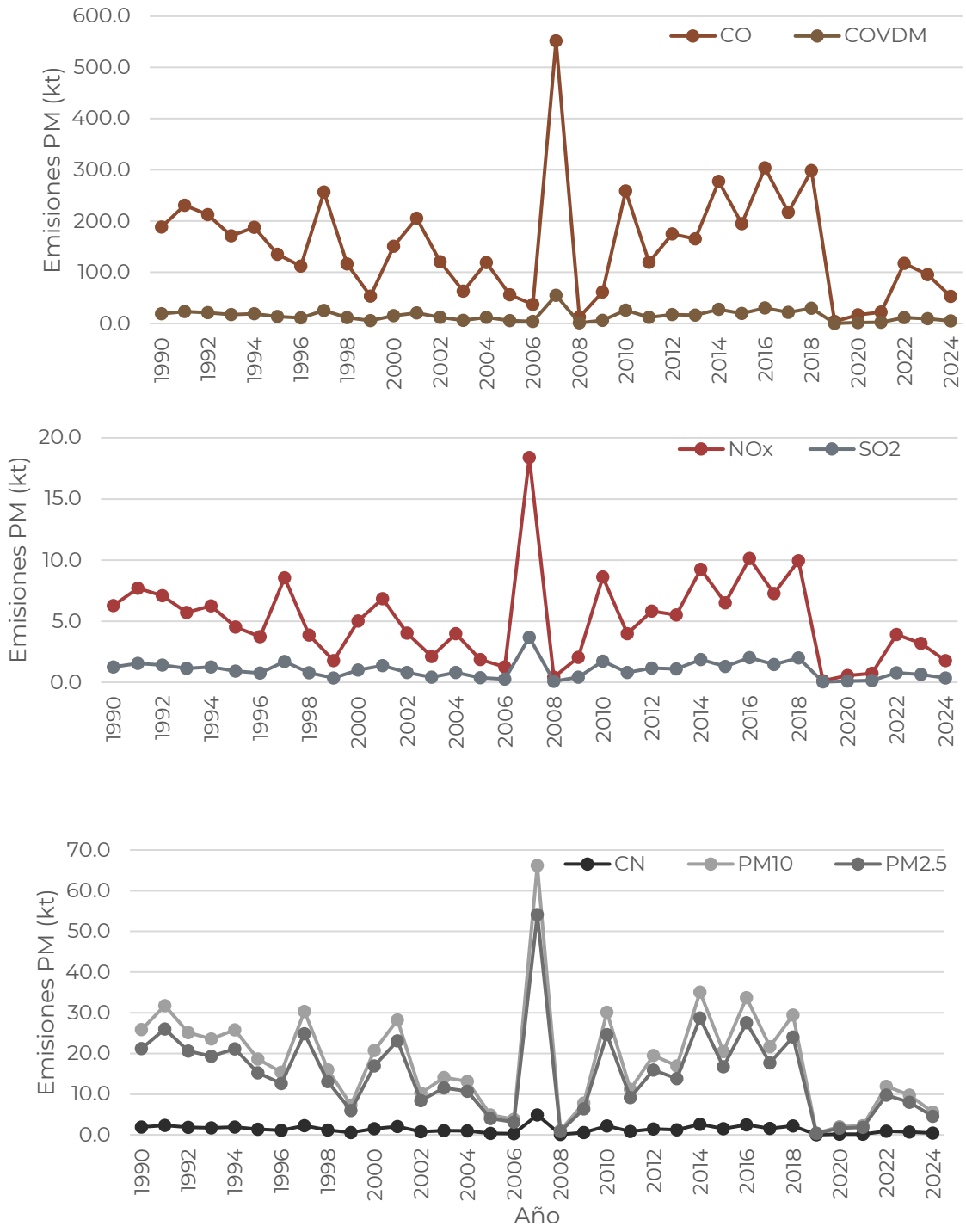


Figura 6-27. Quema de biomasa: Emisiones de carbono negro y contaminantes criterio, 1990–2024.

Nota: La figura presenta la evolución temporal de las emisiones de carbono negro (CN) y de los principales contaminantes criterio estimados para la categoría 4(IV). Quema de biomasa durante el periodo 1990–2024.

Fuente: Elaboración propia con base en el Inventario Nacional de GEI de Colombia.

La Figura 6-27 presenta la evolución temporal de las emisiones de carbono negro (CN) y de los principales contaminantes criterio generados por la quema de biomasa durante el periodo 1990–2024. Se observa que el comportamiento de las emisiones sigue una tendencia similar a la registrada para las emisiones de GEI, debido a que todas dependen directamente de la cantidad de biomasa consumida durante los incendios forestales. El

monóxido de carbono (CO) constituye el contaminante emitido en mayor cantidad, seguido por los compuestos orgánicos volátiles distintos del metano (COVDM) y el material particulado fino ($PM_{2.5}$), mientras que el carbono negro presenta una variación temporal consistente con la intensidad de los eventos de combustión registrados en la serie histórica (Ideam, 2024).

6.10.2 Aspectos metodológicos de la categoría

La estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), carbono negro (CN) y contaminantes criterio (CR) de la categoría 4(IV). Quema de biomasa se realizó de conformidad con las Directrices del IPCC de 2006 para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero, Volumen 4 Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra (AFOLU), Capítulo 2, aplicando la metodología para la estimación de emisiones provenientes de incendios en tierras gestionadas (EEA, 2019; IPCC, 2006, IPCC, 2019).

Las emisiones fueron estimadas para las subcategorías 4(IV).A.1.b. Incendios forestales en tierras forestales que permanecen como tales y 4(IV).C.1.b. Incendios forestales en pastizales que permanecen como tales, utilizando información nacional sobre las áreas afectadas por incendios, la biomasa disponible para la combustión, los factores de combustión específicos para cada cobertura vegetal y los factores de emisión correspondientes a cada contaminante. Las emisiones de CH_4 y N_2O fueron estimadas siguiendo las Directrices del IPCC de 2006, mientras que las emisiones de carbono negro y contaminantes criterio fueron calculadas utilizando los factores de emisión recomendados por la Guía EMEP/EEA 2019 (EEA, 2019), aplicando la misma información de actividad y la ecuación general para quema de biomasa, garantizando la consistencia metodológica del Inventario Nacional de GEI.

La Tabla 6-79 presenta los aspectos metodológicos utilizados para la estimación de las emisiones de la categoría 4(IV). Quema de biomasa.

Tabla 6-79. Quema de biomasa: Aspectos metodológicos para la estimación de emisiones de GEI, carbono negro y contaminantes criterio

Subcategoría	Contaminante	Nivel (Tier)	No. ecuación	Ecuación	Fuente
4(IV).A.1.b. Incendios forestales en tierras forestales	CH_4	Tier 1	V. 4, Ch 2, Ec. 2.27	$L_{fuego} = \{A * M_B * C_f * G_{ef} * 10^{-3}\}$ Dónde: L_{fuego} = cantidad de emisiones GEI provocada por el fuego. t de cada GEI/año. M_B= masa de combustible disponible para la combustión, t/ha A = superficie quemada. ha. C_f = factor de combustión, sin dimensión (valores por defecto del cuadro 2.6 de IPCC, capítulo 2) G_{ef} = factor de emisión, g/kg de materia seca quemada. (valores por defecto del cuadro 2.5 de IPCC, capítulo 2)	IPCC, 2006
4(IV).A.1.b. Incendios forestales en tierras forestales	N_2O	Tier 1	V. 4, Ch 2, Ec. 2.27	$L_{fuego} = \{A * M_B * C_f * G_{ef} * 10^{-3}\}$ Dónde: L_{fuego} = cantidad de emisiones GEI provocada por el fuego. t de cada GEI/año. M_B= masa de combustible disponible para la combustión, t/ha A = superficie quemada. ha. C_f = factor de combustión, sin dimensión (valores por defecto del cuadro 2.6 de IPCC, capítulo 2) G_{ef} = factor de emisión, g/kg de materia seca quemada. (valores por defecto del cuadro 2.5 de IPCC, capítulo 2)	IPCC, 2006
4(IV).C.1.b. Incendios forestales en pastizales	CH_4	Tier 1	V. 4, Ch 2, Ec. 2.27	Dónde: L_{fuego} = cantidad de emisiones GEI provocada por el fuego. t de cada GEI/año. M_B= masa de combustible disponible para la combustión, t/ha A = superficie quemada. ha. C_f = factor de combustión, sin dimensión (valores por defecto del cuadro 2.6 de IPCC, capítulo 2) G_{ef} = factor de emisión, g/kg de materia seca quemada. (valores por defecto del cuadro 2.5 de IPCC, capítulo 2)	IPCC, 2006

Subcategoría	Contaminante	Nivel (Tier)	No. ecuación	Ecuación	Fuente
4(IV).C.1.b. Incendios forestales en pastizales	N_2O	Tier 1	V. 4, Ch 2, Ec. 2.27	Dónde: L_{fuego} = cantidad de emisiones GEI provocada por el fuego. t de cada GEI/año. M_B= masa de combustible disponible para la combustión, t/ha A = superficie quemada. ha. C_f = factor de combustión, sin dimensión (valores por defecto del cuadro 2.6 de IPCC, capítulo 2) G_{ef} = factor de emisión, g/kg de materia seca quemada. (valores por defecto del cuadro 2.5 de IPCC, capítulo 2)	IPCC, 2006
4(IV).A.1.b. y 4(IV).C.1.b.	Carbono negro (CN)	Tier 1	V. 4, Ch 2, Ec. 2.27	$$L_{fuego} = \{A * M_B * C_f * G_{ef} * 10^{-3}\}$$ Dónde: L_{fuego} = cantidad de emisiones GEI provocada por el fuego. t de cada GEI/año. M_B= masa de combustible disponible para la combustión, t/ha A = superficie quemada. ha. C_f = factor de combustión, sin dimensión (valores por defecto del cuadro 2.6 de IPCC, capítulo 2) G_{ef} = factor de emisión, g/kg de materia seca quemada. (valores por defecto del cuadro 2.5 de IPCC, capítulo 2)	Guía EMEP/EEA 2019; IPCC, 2006
4(IV).A.1.b. y 4(IV).C.1.b.	NO_x	Tier 1	V. 4, Ch 2, Ec. 2.27	Dónde: L_{fuego} = cantidad de emisiones GEI provocada por el fuego. t de cada GEI/año. M_B= masa de combustible disponible para la combustión, t/ha A = superficie quemada. ha. C_f = factor de combustión, sin dimensión (valores por defecto del cuadro 2.6 de IPCC, capítulo 2) G_{ef} = factor de emisión, g/kg de materia seca quemada. (valores por defecto del cuadro 2.5 de IPCC, capítulo 2)	Guía EMEP/EEA 2019; IPCC, 2006
4(IV).A.1.b. y 4(IV).C.1.b.	NH_3	Tier 1	V. 4, Ch 2, Ec. 2.27	Dónde: L_{fuego} = cantidad de emisiones GEI provocada por el fuego. t de cada GEI/año. M_B= masa de combustible disponible para la combustión, t/ha A = superficie quemada. ha. C_f = factor de combustión, sin dimensión (valores por defecto del cuadro 2.6 de IPCC, capítulo 2) G_{ef} = factor de emisión, g/kg de materia seca quemada. (valores por defecto del cuadro 2.5 de IPCC, capítulo 2)	Guía EMEP/EEA 2019; IPCC, 2006
4(IV).A.1.b. y 4(IV).C.1.b.	CO	Tier 1	V. 4, Ch 2, Ec. 2.27	$$L_{fuego} = \{A * M_B * C_f * G_{ef} * 10^{-3}\}$$ Dónde: L_{fuego} = cantidad de emisiones GEI provocada por el fuego. t de cada GEI/año. M_B= masa de combustible disponible para la combustión, t/ha A = superficie quemada. ha. C_f = factor de combustión, sin dimensión (valores por defecto del cuadro 2.6 de IPCC, capítulo 2) G_{ef} = factor de emisión, g/kg de materia seca quemada. (valores por defecto del cuadro 2.5 de IPCC, capítulo 2)	Guía EMEP/EEA 2019; IPCC, 2006
4(IV).A.1.b. y 4(IV).C.1.b.	COVDM	Tier 1	V. 4, Ch 2, Ec. 2.27	$$L_{fuego} = \{A * M_B * C \quad * G_{ef} * 10^{-3}\}$$ Dónde: L_{fuego} = cantidad de emisiones GEI provocada por el fuego. t de cada GEI/año. M_B= masa de combustible disponible para la combustión, t/ha	Guía EMEP/EEA 2019; IPCC, 2006

Subcategoría	Contaminante	Nivel (Tier)	No. ecuación	Ecuación	Fuente
				A = superficie quemada. ha. C_f = factor de combustión, sin dimensión (valores por defecto del cuadro 2.6 de IPCC, capítulo 2) G_{ef} = factor de emisión, g/kg de materia seca quemada. (valores por defecto del cuadro 2.5 de IPCC, capítulo 2)	
4(IV).A.1.b. y 4(IV).C.1.b.	SO_x	Tier 1	V. 4, Ch 2, Ec. 2.27	Dónde: L_{fuego} = cantidad de emisiones GEI provocada por el fuego. t de cada GEI/año. M_B= masa de combustible disponible para la combustión, t/ha A = superficie quemada. ha. C_f = factor de combustión, sin dimensión (valores por defecto del cuadro 2.6 de IPCC, capítulo 2) G_{ef} = factor de emisión, g/kg de materia seca quemada. (valores por defecto del cuadro 2.5 de IPCC, capítulo 2)	Guía EMEP/EEA 2019; IPCC, 2006
4(IV).A.1.b. y 4(IV).C.1.b.	SO_2	Tier 1	V. 4, Ch 2, Ec. 2.27	$\boldsymbol{L_{fuego} = \{A * M_B * C_f * G_{ef} * 10^{-3}\}}$ Dónde: L_{fuego} = cantidad de emisiones GEI provocada por el fuego. t de cada GEI/año. M_B= masa de combustible disponible para la combustión, t/ha A = superficie quemada. ha. C_f = factor de combustión, sin dimensión (valores por defecto del cuadro 2.6 de IPCC, capítulo 2) G_{ef} = factor de emisión, g/kg de materia seca quemada. (valores por defecto del cuadro 2.5 de IPCC, capítulo 2)	Guía EMEP/EEA 2019; IPCC, 2006
4(IV).A.1.b. y 4(IV).C.1.b.	PM_{10}	Tier 1	V. 4, Ch 2, Ec. 2.27	$\boldsymbol{L_{fuego} = \{A * M_B * C_f * G_{ef} * 10^{-3}\}}$ Dónde: L_{fuego} = cantidad de emisiones GEI provocada por el fuego. t de cada GEI/año. M_B= masa de combustible disponible para la combustión, t/ha A = superficie quemada. ha. C_f = factor de combustión, sin dimensión (valores por defecto del cuadro 2.6 de IPCC, capítulo 2) G_{ef} = factor de emisión, g/kg de materia seca quemada. (valores por defecto del cuadro 2.5 de IPCC, capítulo 2)	Guía EMEP/EEA 2019; IPCC, 2006
4(IV).A.1.b. y 4(IV).C.1.b.	$PM_{2.5}$	Tier 1	V. 4, Ch 2, Ec. 2.27	$\boldsymbol{L_{fuego} = \{A * M_B * C_f * G_{ef} * 10^{-3}\}}$ Dónde: L_{fuego} = cantidad de emisiones GEI provocada por el fuego. t de cada GEI/año. M_B= masa de combustible disponible para la combustión, t/ha A = superficie quemada. ha. C_f = factor de combustión, sin dimensión (valores por defecto del cuadro 2.6 de IPCC, capítulo 2) G_{ef} = factor de emisión, g/kg de materia seca quemada. (valores por defecto del cuadro 2.5 de IPCC, capítulo 2)	Guía EMEP/EEA 2019; IPCC, 2006

Donde: Lfire = emisiones del contaminante (Gg). A = área quemada (ha). MB = masa de biomasa disponible para la combustión (kg materia seca ha^{-1}). Cf = factor de combustión (fracción). Gef = factor de emisión del contaminante (g kg^{-1} materia seca quemada).

Nota: Las emisiones de GEI, carbono negro y contaminantes criterio fueron estimadas mediante la ecuación general para quema de biomasa recomendada por las Directrices del IPCC de 2006. La diferencia entre contaminantes radica en el factor de emisión (Gef) aplicado para cada uno. Las emisiones de CO_2 no se reportan en esta categoría, ya que se contabilizan mediante los cambios en las existencias de carbono de las categorías 4.A. Tierras forestales y 4.C. Pastizales, por lo que se informan con la clave de notación IE (Included Elsewhere).
Fuente: Elaboración propia

6.10.2.1 Datos de actividad de la categoría

Los datos de actividad utilizados para la estimación de las emisiones de GEI, carbono negro y contaminantes criterio corresponden principalmente a las superficies afectadas por incendios forestales en tierras forestales y pastizales durante el periodo 1990–2024. Estas superficies constituyen la variable de entrada principal de la metodología y se complementan con la información sobre biomasa disponible para la combustión y los factores de combustión aplicados en las bases de cálculo del Inventario Nacional de GEI (EEA, 2019; IPCC, 2006, IPCC, 2019).

Para la subcategoría 4(IV).A.1.b. Incendios forestales en tierras forestales, los datos de actividad corresponden a las áreas de bosque afectadas por incendios, identificadas mediante la información generada por el Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC) y otras fuentes oficiales.(Ideam, 2021, Ideam, 2021, Ideam, 2024)

Para la subcategoría 4(IV).C.1.b. Incendios forestales en pastizales, los datos de actividad corresponden a las superficies de pastizales afectadas por incendios, obtenidas mediante la armonización de la información nacional sobre coberturas de la tierra y registros oficiales de incendios.

Con el propósito de garantizar la coherencia de la serie temporal 1990–2024, los datos de actividad fueron sometidos a procesos de validación, armonización y control de calidad, verificando su consistencia espacial y temporal con las bases de cálculo del Inventario Nacional de GEI.

La Tabla 6-80 presenta las principales fuentes de datos de actividad utilizadas para la estimación de las emisiones de la categoría 4(IV). Quema de biomasa.

Tabla 6-80. Quema de biomasa: Fuentes de datos de actividad utilizadas para la estimación de emisiones

Subcategoría	Dato de actividad	Periodo	Fuente de información	Comentarios
4(IV).A.1.b. Incendios forestales	Área afectada por incendios (ha)	1990–2024	SMByC – Ideam	Superficie anual afectada por incendios en tierras forestales.
4(IV).C.1.b. Incendios en pastizales	Área afectada por incendios (ha)	1990–2024	Ideam; fuentes nacionales	Superficie anual afectada por incendios en pastizales.

Fuente: Elaboración propia con base en el SMByC, Ideam y el Inventario Nacional de GEI de Colombia.

La Tabla 6-81 presenta los datos de actividad utilizados para la estimación de las emisiones de GEI, carbono negro y contaminantes criterio durante el periodo 1990–2024. Los valores corresponden a las variables de entrada empleadas directamente en las bases de cálculo del Inventario Nacional de GEI para la estimación de las emisiones asociadas a la quema de biomasa en tierras forestales y pastizales (Ideam, 2024).

Tabla 6-81. 4(IV): Datos de actividad utilizados para la estimación de emisiones, 1990–2024

Año	4(IV).A.1.b. Tierras forestales que permanecen como tales - Incendios forestales						
	Bosque						Plantación
	Bosque intervenido	Bosque natural denso	Bosque secundario	Plantación	Sin determinar	Vegetación secundaria	Plantación
	Área anual afectada por quema en tierras forestales ha	Área anual afectada por quema en tierras forestales ha	Área anual afectada por quema en tierras forestales ha	Área anual afectada por quema en tierras forestales ha	Área anual afectada por quema en tierras forestales ha	Área anual afectada por quema en tierras forestales ha	Área anual afectada por quema en tierras forestales ha
1990	1.099,6	9.273,8	3.136,3	287,7	24.811,9	1.666,2	391,6
1991	1.348,2	11.370,7	3.845,4	352,8	30.422,3	2.042,9	480,1
1992	5.902,0	10.010,4	26,8	905,8	24.929,3	518,3	125,1
1993	1.001,2	8.444,2	2.855,7	262,0	22.592,5	1.517,1	356,5

Año	4(IV).A.1.b. Tierras forestales que permanecen como tales - Incendios forestales						
	Bosque						Plantación
	Bosque intervenido	Bosque natural denso	Bosque secundario	Plantación	Sin determinar	Vegetación secundaria	Plantación
	Área anual afectada por quema en tierras forestales ha	Área anual afectada por quema en tierras forestales ha	Área anual afectada por quema en tierras forestales ha	Área anual afectada por quema en tierras forestales ha	Área anual afectada por quema en tierras forestales ha	Área anual afectada por quema en tierras forestales ha	Área anual afectada por quema en tierras forestales ha
1994	1.096,0	9.243,5	3.126,0	286,8	24.730,8	1.660,7	390,3
1995	790,1	6.663,7	2.253,6	206,8	17.828,8	1.197,2	281,4
1996	652,9	5.506,7	1.862,3	170,9	14.733,0	989,4	232,5
1997	7.133,1	12.098,5	32,4	1.094,7	30.129,5	626,5	151,3
1998	678,6	5.723,0	1.935,4	177,6	15.311,8	1.028,2	241,6
1999	311,7	2.629,1	889,1	81,6	7.034,2	472,4	111,0
2000	879,0	7.413,8	2.507,2	230,0	19.835,5	1.332,0	313,0
2001	1.199,4	10.115,6	3.421,0	313,9	27.064,2	1.817,4	427,1
2002	1.414,2	1.490,3	462,3	50,0	5.067,8	92,6	34,0
2003	44,6	7.850,7	1.046,5	215,7	9.940,5	118,0	372,6
2004	564,5	2.035,8	3.477,3	107,3	23.312,7	2.743,0	43,5
2005	344,4	1.831,1	6,3	525,9	6.237,5	691,1	9,0
2006	311,9	78,4	25,0	51,7	7.248,3	160,4	4,0
2007	3.071,9	7.134,8	31,9	200,3	104.441,9	1.987,4	629,5
2008	4,5	375,5	4,9	31,4	968,9	697,5	0,0
2009	1.337,2	4.321,3	11,0	175,2	8.173,9	2.111,7	306,0
2010	13.169,2	21.397,0	51,0	2.153,4	10.984,3	318,3	3,8
2011	806,7	6.538,5	612,5	477,4	7.956,5	13,0	112,0
2012	879,7	1.557,6	95,7	57,8	49.873,1	568,6	370,4
2013	143,8	1.521,8	54,9	201,6	44.294,6	1.028,9	85,5
2014	6.498,2	7.829,3	1.670,4	80,3	69.878,5	467,4	309,8
2015	247,3	17,4	23,8	22,9	63.775,1	19,2	2,0
2016	1.461,0	656,8	2,0	119,2	98.621,6	0,0	0,0
2017	0,0	0,0	5,1	376,0	71.493,9	0,0	0,0
2018	0,8	0,0	0,0	0,0	99.494,1	0,0	0,0
2019	261,9	19,7	104,8	56,4	165,5	0,0	12,0
2020	493,4	415,8	394,1	204,8	1.857,0	0,0	440,4

Año	4(IV).A.1.b. Tierras forestales que permanecen como tales - Incendios forestales						
	Bosque						Plantación
	Bosque intervenido	Bosque natural denso	Bosque secundario	Plantación	Sin determinar	Vegetación secundaria	Plantación
	Área anual afectada por quema en tierras forestales ha	Área anual afectada por quema en tierras forestales ha	Área anual afectada por quema en tierras forestales ha	Área anual afectada por quema en tierras forestales ha	Área anual afectada por quema en tierras forestales ha	Área anual afectada por quema en tierras forestales ha	Área anual afectada por quema en tierras forestales ha
2021	5,0	76,9	2.932,0	0,0	0,0	4.088,9	0,0
2022	5,0	194,9	3.028,1	127,4	34.602,1	817,8	90,5
2023	5,0	117,9	3.046,3	77,7	27.223,7	981,3	108,6
2024	5,0	137,5	3.069,1	93,3	12.769,7	1.177,6	130,3

Año	4(IV).C.1.b. Pastizales que permanecen como tales - Incendios forestales		
	Herbazal	Pastos	
	Paramo	Pastos mejorados	Sabanas y pastos
	Área anual afectada por quema en pastizales ha	Área anual afectada por quema en pastizales ha	Área anual afectada por quema en pastizales ha
1990	2.071,5	1.204,8	18.810,7
1991	2.539,9	1.477,3	23.064,0
1992	1.518,7	8.834,8	18.031,8
1993	1.886,2	1.097,1	17.128,0
1994	2.064,7	1.200,9	18.749,2
1995	1.488,5	865,7	13.516,5
1996	1.230,0	715,4	11.169,5
1997	1.835,5	10.677,7	21.793,2
1998	1.278,3	743,5	11.608,4
1999	587,3	341,6	5.332,8
2000	1.656,0	963,2	15.037,8
2001	2.259,5	1.314,2	20.518,2
2002	3.502,0	332,5	27.750,9
2003	0,5	714,4	674,6
2004	400,0	652,9	6.385,8
2005	75,8	2.167,2	6.729,7
2006	3.483,5	286,0	834,7

Año	4(IV).C.1.b. Pastizales que permanecen como tales - Incendios forestales		
	Herbazal	Pastos	
	Paramo	Pastos mejorados	Sabanas y pastos
	Área anual afectada por quema en pastizales ha	Área anual afectada por quema en pastizales ha	Área anual afectada por quema en pastizales ha
2007	1.781,2	1.803,9	62.810,0
2008	1,9	7,0	2.094,0
2009	241,8	1.966,0	1.798,6
2010	2.905,2	21.077,0	14.160,3
2011	806,0	3.536,9	18.968,0
2012	1.319,0	1.348,2	2.187,1
2013	872,8	1.181,3	5.649,6
2014	164,5	706,8	4.892,4
2015	241,5	26,6	603,0
2016	12,0	0,0	421,0
2017	404,1	0,0	272,5
2018	13,4	0,0	17,4
2019	322,0	196,6	140,1
2020	659,3	144,9	949,6
2021	0,0	2,6	232,0
2022	0,0	2,6	232,0
2023	0,0	2,6	232,0
2024	0,0	2,6	232,0

Nota: Los valores corresponden a las variables de entrada utilizadas para la estimación de las emisiones de GEI, carbono negro y contaminantes criterio durante el periodo 1990–2024. Los datos incluyen las superficies afectadas por incendios y los parámetros empleados para la estimación de las emisiones en las subcategorías reportadas. Fuente: Elaboración propia con base en el SMByC, Ideam y el Inventario Nacional de GEI de Colombia.

6.10.2.2 Factores de emisión aplicados en la categoría

os factores de emisión utilizados para la estimación de las emisiones de CH_4 y N_2O corresponden a los valores por defecto recomendados en las Directrices del IPCC de 2006 para incendios en tierras gestionadas. Para la estimación de carbono negro y contaminantes criterio se emplearon los factores de emisión recomendados por la Guía EMEP/EEA 2019, aplicados a la misma información de actividad y a la metodología general de quema de biomasa utilizada en el Inventario Nacional de GEI (EEA, 2019; IPCC, 2006, IPCC, 2019).

La Tabla 6-82 presenta los factores de emisión empleados para la estimación de las emisiones de la categoría 4(IV). Quema de biomasa.

Tabla 6-82. Quema de biomasa: Factores de emisión utilizados para la estimación de emisiones

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad
4(IV).A.1.b. Incendios forestales –	IPCC (2006), V.4, Ch. 2, Tabla 2.5	Tier 1c	Fracción de carbono en	CO_2	0,47	Fracción

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad
Tierras forestales			biomasa seca			
4(IV).A.1.b. Incendios forestales – Tierras forestales	IPCC (2006), Vol. 4, Cap. 2, Tabla 2.5	Tier 1c	Densidad de combustible	CO_2	1,00	t m.s/ha
4(IV).A.1.b. Incendios forestales – Tierras forestales	IPCC (2006), Vol. 4, Cap. 2, Tabla 2.5	Tier 1c	Factor de emisión	CH_4	6,8	g CH_4.kg m/s
4(IV).A.1.b. Incendios forestales – Tierras forestales	IPCC (2006), Vol. 4, Cap. 2, Tabla 2.5	Tier 1c	Factor de emisión	N_2O	0,2	g CH_4.kg m/s
4(IV).A.1.b. Incendios forestales – Tierras forestales	IPCC (2006), Vol. 4, Cap. 2, Tabla 2.5	Tier 1c	Factor de emisión	CO	3000	kg CO/ha de área quemada
4(IV).A.1.b. Incendios forestales – Tierras forestales	IPCC (2006), Vol. 4, Cap. 2, Tabla 2.5	Tier 1c	Factor de emisión	NO_x	100	kg NO_x/ha de área quemada
4(IV).A.1.b. Incendios forestales – Tierras forestales	IPCC (2006), Vol. 4, Cap. 2, Tabla 2.5	Tier 1c	Factor de combustión – Bosque intervenido	CO_2	0,55	Fracción
4(IV).A.1.b. Incendios forestales – Tierras forestales	IPCC (2006), Vol. 4, Cap. 2, Tabla 2.5	Tier 1c	Factor de combustión – Bosque natural denso	CO_2	0,50	Fracción
4(IV).A.1.b. Incendios forestales – Tierras forestales	IPCC (2006), Vol. 4, Cap. 2, Tabla 2.5	Tier 1c	Factor de combustión – Bosque secundario	CO_2	0,45	Fracción
4(IV).A.1.b. Incendios forestales – Tierras forestales	IPCC (2006), Vol. 4, Cap. 2, Tabla 2.5	Tier 1c	Factor de combustión – Vegetación secundaria	CO_2	0,55	Fracción
4(IV).A.1.b. Incendios forestales – Tierras forestales	IPCC (2006), Vol. 4, Cap. 2, Tabla 2.5	Tier 1c	Factor de combustión – Sin determinar	CO_2	0,32	Fracción
4(IV).A.1.b. Incendios forestales – Tierras forestales	IPCC (2006), Vol. 4, Cap. 2, Tabla 2.5	Tier 1c	Factor de combustión – Plantación	CO_2	0,59	Fracción
4(IV).A.1.b. Incendios forestales – Tierras forestales	IPCC (2006), Vol. 4	Tier 1	Factor de conversión kg–t	CO_2	0,001	Adimensional

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad
4(IV).A.1.b. Incendios forestales – Tierras forestales	IPCC (2006), Vol. 1	Tier 1	Factor de conversión t–kt	CO_2	0,001	Adimensional
4(IV).A.1.b. Incendios forestales – Tierras forestales	IPCC (2006), Vol. 1	Tier 1	Factor de conversión C–CO_2	CO_2	3,6667	g CO_2.g/C
4(IV).A.1.b. Incendios forestales – Tierras forestales	Ideam, 2024/ IPCC (2006)	Tier 1c	Biomasa disponible – Región Andina	CO_2	86,38	t m.s/ha
4(IV).A.1.b. Incendios forestales – Tierras forestales	Ideam, 2024/ IPCC (2006)	Tier 1c	Biomasa disponible – Región Caribe	CO_2	82,42	t m.s/ha
4(IV).A.1.b. Incendios forestales – Tierras forestales	Ideam, 2024/ IPCC (2006)	Tier 1c	Biomasa disponible – Región Amazonía	CO_2	246,52	t m.s/ha
4(IV).A.1.b. Incendios forestales – Tierras forestales	Ideam, 2024/ IPCC (2006)	Tier 1c	Biomasa disponible – Región Pacífica	CO_2	251,38	t m.s/ha
4(IV).A.1.b. Incendios forestales – Tierras forestales	Ideam, 2024/ IPCC (2006)	Tier 1c	Biomasa disponible – Región Orinoquía	CO_2	109,77	t m.s/ha
4(IV).C.1.b. Incendios forestales – Pastizales	IPCC (2006), Vol. 4, Cap. 2, Tabla 2.5	Tier 1c	Factor de combustión CO_2	CO_2	0,50	Fracción
4(IV).C.1.b. Incendios forestales – Pastizales	IPCC (2006), Vol. 4, Cap. 2, Tabla 2.5	Tier 1c	Densidad de combustible	CO_2	1,00	t m.s/ha
4(IV).C.1.b. Incendios forestales – Pastizales	IPCC (2006), Vol. 4, Cap. 2, Tabla 2.5	Tier 1c	Factor de emisión	CH_4	2,30	g CH_4.kg m/s
4(IV).C.1.b. Incendios forestales – Pastizales	IPCC (2006), Vol. 4, Cap. 2, Tabla 2.5	Tier 1c	Factor de emisión	N_2O	0,21	g CH_4.kg m/s
4(IV).C.1.b. Incendios forestales – Pastizales	IPCC (2006), Vol. 4, Cap. 2, Tabla 2.5	Tier 1c	Factor de emisión	CO	3000	kg CO/ha de área quemada
4(IV).C.1.b. Incendios forestales – Pastizales	IPCC (2006), Vol. 4, Cap. 2, Tabla 2.5	Tier 1c	Factor de emisión	NO_x	100	kg NO_x/ha de área quemada
4(IV).C.1.b. Incendios forestales – Pastizales	IPCC (2006), Vol. 4, Cap. 2, Tabla 2.5	Tier 1c	Factor de emisión	SO_2	20	kg SO_2/ha de área quemada

Fuente de GEI	Fuente FE	Nivel (Tier)	Tipo FE	GEI	Valor	Unidad
4(IV).C.1.b. Incendios forestales – Pastizales	IPCC (2006), Vol. 4, Cap. 2, Tabla 2.5	Tier 1c	Biomasa disponible – Herbazal (Páramo)	CO_2	28,20	t m.s/ha
4(IV).C.1.b. Incendios forestales – Pastizales	IPCC (2006), Vol. 4, Cap. 2, Tabla 2.5	Tier 1c	Factor de combustión – Herbazal (Páramo)	CO_2	0,92	Fracción
4(IV).C.1.b. Incendios forestales – Pastizales	IPCC (2006), Vol. 4, Cap. 2, Tabla 2.5	Tier 1c	Biomasa disponible – Pastos mejorados	CO_2	12,70	t m.s/ha
4(IV).C.1.b. Incendios forestales – Pastizales	IPCC (2006), Vol. 4, Cap. 2, Tabla 2.5	Tier 1c	Factor de combustión – Pastos mejorados	CO_2	0,35	Fracción
4(IV).C.1.b. Incendios forestales – Pastizales	IPCC (2006), Vol. 4, Cap. 2, Tabla 2.5	Tier 1c	Biomasa disponible – Sabanas y pastos	CO_2	20,45	t m.s/ha
4(IV).C.1.b. Incendios forestales – Pastizales	IPCC (2006), Vol. 4, Cap. 2, Tabla 2.5	Tier 1c	Factor de combustión – Sabanas y pastos	CO_2	0,86	Fracción
4(IV).C.1.b. Incendios forestales – Pastizales	IPCC (2006), Vol. 4	Tier 1	Factor de conversión kg–t	CO_2	0,001	Adimensional
4(IV).C.1.b. Incendios forestales – Pastizales	IPCC (2006), Vol. 1	Tier 1	Factor de conversión t–kt	CO_2	0,001	Adimensional
4(IV).C.1.b. Incendios forestales – Pastizales	IPCC (2006), Vol. 1	Tier 1	Factor de conversión C–CO_2	CO_2	3,6667	g CO_2.g/C

Nota: La categoría 4(IV). Quema de biomasa utiliza factores de emisión para la estimación de las emisiones de CH_4, N_2O, carbono negro (CN) y contaminantes criterio generadas por incendios en tierras forestales y pastizales. Los factores para CH_4 y N_2O corresponden a las Directrices del IPCC de 2006, mientras que los factores para carbono negro y contaminantes criterio fueron adoptados de la Guía EMEP/EEA 2019, de acuerdo con la metodología implementada en el Inventario Nacional de GEI de Colombia.

Fuente: Elaboración propia

6.10.3 Descripción de flexibilidad aplicada en la categoría

No se aplica a flexibilidad para esta subcategoría.

6.10.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría

Tabla 6-83. Resultados de incertidumbre (%) por propagación del error para 4(IV).A. Tierras forestales

Subcategoría	Cont	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
4(IV).A. Tierras forestales	Total Emisión	16,3	16,3	14,8	10,2	7,3	8,7	10,7	18,3	12,3	10,8	10,6
4(IV).A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	CH4	20,1	20,1	18,2	12,5	9,0	10,7	13,2	22,6	15,2	13,3	13,0
4(IV).A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	N2O	20,2	20,2	18,3	12,6	9,0	10,8	13,3	22,7	15,3	13,4	13,1

Subcategoría	Cont	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
4(IV).A.1.b. Incendios forestales	CH4	20,1	20,1	18,2	12,5	9,0	10,7	13,2	22,6	15,2	13,3	13,0
4(IV).A.1.b. Incendios forestales	N2O	20,2	20,2	18,3	12,6	9,0	10,8	13,3	22,7	15,3	13,4	13,1

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la tabla anterior, las emisiones no-CO_2 asociadas a incendios forestales presentan una incertidumbre promedio histórica de ±13,29 %. En 1990, la incertidumbre fue de ±16,34 %, mientras que en 2024 alcanzó ±10,55 %, lo que representa una reducción relativa del 35,39 %, equivalente a 5,78 puntos porcentuales.

La incertidumbre de estas emisiones presenta una elevada variabilidad interanual. El valor máximo se registró en 2003, con ±22,01 %, y el mínimo en 2010, con ±7,28 %. En los años recientes, la incertidumbre pasó de ±18,35 % en 2021 a ±12,33 % en 2022, ±10,81 % en 2023 y ±10,55 % en 2024. Estas variaciones reflejan el comportamiento anual de los incendios forestales y la participación de las diferentes fuentes en las emisiones estimadas.

En 2024, las incertidumbres del CH_4 y el N_2O provenientes de incendios forestales fueron de ±12,99 % y ±13,08 %, respectivamente. La similitud entre ambos resultados se explica porque las estimaciones comparten los mismos datos de actividad y buena parte de los parámetros asociados a la biomasa quemada, aunque utilizan factores de emisión específicos para cada gas.

6.10.5 AC/CC de la categoría

6.10.6 Nuevos cálculos de la categoría

La siguiente tabla resume los recálculos de la categoría 4.C:

Tabla 6-84. Quema de biomasa: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2) en emisiones totales y netas, 1990-2024.

Subcategoría	Reporte	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021
4(IV).A.1.b. Tierras forestales que permanecen como tales-Incendios forestales	BTR1	471,0	338,4	376,5	72,9	551,3	420,5	32,7	49,9
4(IV).A.1.b. Tierras forestales que permanecen como tales-Incendios forestales	BTR2	477,9	343,4	382,1	76,2	565,5	448,4	35,5	48,8
4(IV).A.1.b. Tierras forestales que permanecen como tales-Incendios forestales	Diferencia	7,0	5,0	5,6	3,3	14,2	27,8	2,8	-1,1
4(IV).A.1.b. Tierras forestales que permanecen como tales-Incendios forestales	Diferencia (%)	1,5	1,5	1,5	4,5	2,6	6,6	8,6	-2,2
4(IV).A.1.b. Tierras forestales que permanecen como tales-Incendios forestales	Efecto en total de subcategoría 4(IV).A.1 (%)	1,5	1,5	1,5	4,5	2,6	6,6	8,6	-2,2
4(IV).A.1.b. Tierras forestales que permanecen como tales-Incendios forestales	Efecto en total neto de subcategoría 4(IV).A.1 (%)	1,5	1,5	1,5	4,5	2,6	6,6	8,6	-2,2
4(IV).A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	BTR1	471,0	338,4	376,5	72,9	551,3	420,5	32,7	49,9
4(IV).A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	BTR2	477,9	343,4	382,1	76,2	565,5	448,4	35,5	48,8
4(IV).A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	Diferencia	7,0	5,0	5,6	3,3	14,2	27,8	2,8	-1,1
4(IV).A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	Diferencia (%)	1,5	1,5	1,5	4,5	2,6	6,6	8,6	-2,2
4(IV).A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	Efecto en total de subcategoría 4(IV).A (%)	1,5	1,5	1,5	4,5	2,6	6,6	8,6	-2,2
4(IV).A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	Efecto en total neto de subcategoría 4(IV).A (%)	1,5	1,5	1,5	4,5	2,6	6,6	8,6	-2,2
4(IV).A. Tierras forestales	**BTR1**	**471,0**	**338,4**	**376,5**	**72,9**	**551,3**	**420,5**	**32,7**	**49,9**
4(IV).A. Tierras forestales	**BTR2**	**477,9**	**343,4**	**382,1**	**76,2**	**565,5**	**448,4**	**35,5**	**48,8**

Subcategoría	Reporte	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021
4(IV).A. Tierras forestales	**Diferencia**	**7,0**	**5,0**	**5,6**	**3,3**	**14,2**	**27,8**	**2,8**	**-1,1**
4(IV).A. Tierras forestales	**Diferencia (%)**	**1,5**	**1,5**	**1,5**	**4,5**	**2,6**	**6,6**	**8,6**	**-2,2**
4(IV).A. Tierras forestales	**Efecto en total de subcategoría 4(IV) (%)**	**1,0**	**0,8**	**0,8**	**0,8**	**1,4**	**3,4**	**0,5**	**-0,2**
4(IV).A. Tierras forestales	**Efecto en total neto de subcategoría 4(IV) (%)**	**1,0**	**0,8**	**0,8**	**0,8**	**1,4**	**3,4**	**0,5**	**-0,2**
4(IV).C.1.b. Pastizales que permanecen como tales-Incendios forestales	BTR1	43,0	30,9	34,4	19,5	68,7	1,3	2,5	0,6
4(IV).C.1.b. Pastizales que permanecen como tales-Incendios forestales	BTR2	46,8	33,6	37,4	15,6	50,2	2,0	4,1	0,5
4(IV).C.1.b. Pastizales que permanecen como tales-Incendios forestales	Diferencia	3,8	2,7	3,0	-3,9	-18,5	0,7	1,6	-0,1
4(IV).C.1.b. Pastizales que permanecen como tales-Incendios forestales	Diferencia (%)	8,8	8,8	8,8	-20,1	-26,9	54,5	66,1	-11,0
4(IV).C.1.b. Pastizales que permanecen como tales-Incendios forestales	Efecto en total de subcategoría 4(IV).C.1 (%)	8,8	8,8	8,8	-20,1	-26,9	54,5	66,1	-11,0
4(IV).C.1.b. Pastizales que permanecen como tales-Incendios forestales	Efecto en total neto de subcategoría 4(IV).C.1 (%)	8,8	8,8	8,8	-20,1	-26,9	54,5	66,1	-11,0
4(IV).C.1. Pastizales que permanecen como tales	BTR1	43,0	30,9	34,4	19,5	68,7	1,3	2,5	0,6
4(IV).C.1. Pastizales que permanecen como tales	BTR2	46,8	33,6	37,4	15,6	50,2	2,0	4,1	0,5
4(IV).C.1. Pastizales que permanecen como tales	Diferencia	3,8	2,7	3,0	-3,9	-18,5	0,7	1,6	-0,1
4(IV).C.1. Pastizales que permanecen como tales	Diferencia (%)	8,8	8,8	8,8	-20,1	-26,9	54,5	66,1	-11,0
4(IV).C.1. Pastizales que permanecen como tales	Efecto en total de subcategoría 4(IV).C (%)	8,8	8,8	8,8	-20,1	-26,9	54,5	66,1	-11,0

Subcategoría	Reporte	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021
4(IV).C.1. Pastizales que permanecen como tales	Efecto en total neto de subcategoría 4(IV).C (%)	8,8	8,8	8,8	-20,1	-26,9	54,5	66,1	-11,0
4(IV).C. Pastizales	**BTR1**	**43,0**	**30,9**	**34,4**	**19,5**	**68,7**	**1,3**	**2,5**	**0,6**
4(IV).C. Pastizales	**BTR2**	**46,8**	**33,6**	**37,4**	**15,6**	**50,2**	**2,0**	**4,1**	**0,5**
4(IV).C. Pastizales	**Diferencia**	**3,8**	**2,7**	**3,0**	**-3,9**	**-18,5**	**0,7**	**1,6**	**-0,1**
4(IV).C. Pastizales	**Diferencia (%)**	**8,8**	**8,8**	**8,8**	**-20,1**	**-26,9**	**54,5**	**66,1**	**-11,0**
4(IV).C. Pastizales	**Efecto en total de subcategoría 4(IV) (%)**	**0,5**	**0,5**	**0,4**	**-0,9**	**-1,8**	**0,1**	**0,3**	**-0,0**
4(IV).C. Pastizales	**Efecto en total neto de subcategoría 4(IV) (%)**	**0,5**	**0,5**	**0,4**	**-0,9**	**-1,8**	**0,1**	**0,3**	**-0,0**
4(IV). Quema de biomasa	**BTR1**	**712,3**	**600,8**	**694,1**	**423,1**	**1.024,5**	**831,0**	**526,5**	**528,0**
4(IV). Quema de biomasa	**BTR2**	**524,7**	**377,1**	**419,5**	**91,8**	**615,7**	**450,4**	**39,7**	**49,3**
4(IV). Quema de biomasa	**Diferencia**	**-187,6**	**-223,7**	**-274,6**	**-331,3**	**-408,8**	**-380,6**	**-486,8**	**-478,7**
4(IV). Quema de biomasa	**Diferencia (%)**	**-26,3**	**-37,2**	**-39,6**	**-78,3**	**-39,9**	**-45,8**	**-92,5**	**-90,7**
4(IV). Quema de biomasa	**Efecto en total de subcategoría 4 (%)**	**-0,1**	**-0,2**	**-0,2**	**-0,3**	**-0,4**	**-0,5**	**-0,4**	**-0,4**
4(IV). Quema de biomasa	**Efecto en total neto de subcategoría 4 (%)**	**-0,2**	**-0,2**	**-0,3**	**-0,4**	**-0,6**	**-0,6**	**-0,5**	**-0,5**
4. Silvicultura, uso y cambio de uso de la tierra	**BTR1**	**121.788,9**	**124.332,9**	**105.074,7**	**83.002,3**	**72.605,6**	**62.187,9**	**98.627,8**	**96.603,1**
4. Silvicultura, uso y cambio de uso de la tierra	**BTR2**	**120.054,1**	**122.715,8**	**103.428,2**	**81.603,3**	**70.838,1**	**60.974,4**	**97.865,7**	**97.036,3**
4. Silvicultura, uso y cambio de uso de la tierra	**Diferencia**	**-1.734,8**	**-1.617,1**	**-1.646,5**	**-1.399,0**	**-1.767,6**	**-1.213,6**	**-762,0**	**433,2**
4. Silvicultura, uso y cambio de uso de la tierra	**Diferencia (%)**	**-1,4**	**-1,3**	**-1,6**	**-1,7**	**-2,4**	**-2,0**	**-0,8**	**0,4**



Figura 6-28. Quema de biomasa: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2) en emisiones netas, 1990-2024.

Fuente: Elaboración propia

Los recálculos realizados en la categoría 4.(IV). Quema de biomasa no obedecen a cambios en las ecuaciones de cálculo de emisiones, sino principalmente a la incorporación de la información correspondiente al periodo 2022–2024 y a la actualización de los datos de actividad relacionados con la superficie afectada por incendios forestales, manteniendo la coherencia metodológica de la serie histórica reportada en el Inventario Nacional de GEI. Adicionalmente, en esta categoría 4(IV) se realizó la reubicación de las emisiones asociadas a quemas en cultivos de caña, rastrojos y otros cultivos los cuales se reportan en 3.F. Agricultura.

El impacto neto de estos nuevos cálculos modificó tanto el total de las emisiones como la tendencia histórica de la categoría. Específicamente, los recálculos redujeron las emisiones netas de la quema de biomasa en -187,6 kt CO_2eq (-26,3 %) para el año 1990 y en -478,7 kt CO_2eq (-90,7 %) para el año 2021. Este comportamiento se deriva casi en su totalidad de la revisión de las subcategorías de incendios en tierras forestales que permanecen como tales e Incendios en pastizales que permanecen como tales.

Por un lado, las variaciones porcentuales en la estimación emisiones neta de la subcategoría 4.(IV).A.1.b. Incendios en tierras forestales que permanecen como tales reflejan un incremento medio del 1,5 % en el periodo 1990–2005, seguido de variaciones interanuales y una disminución del -2,2 % en el año 2021. Estas variaciones obedecen a la revisión y estandarización de los procedimientos de cálculo implementados en el BTR2, lo que permitió mejorar la consistencia en la aplicación de los factores de emisión y fortalecer la robustez de la serie histórica, sin alterar la tendencia general de las emisiones.

La subcategoría 4.(IV).C.1.b. Incendios en pastizales que permanecen como tales registra un incremento inicial del 8,8 % para el periodo 1990–2000; no obstante, entre 2005 y 2010 presenta reducciones con valores máximos del -26,9 %, cerrando en 2021 con -11,0 %. Al igual que en la categoría forestal, estas diferencias responden al refinamiento de los procedimientos de cálculo y a la estandarización en la aplicación de los factores de emisión desarrollada para el BTR2.

6.10.7 Mejoras planeadas de la categoría

Las oportunidades de mejora específicas para esta categoría se presentan en la Tabla 6-85, en las cuales se detallan los periodos de implementación, los actores responsables y la priorización correspondiente para las diferentes subcategorías.

Tabla 6-85. Quema de biomasa: Plan de mejora

Subcategoría	Oportunidad de mejora	Periodo	Actores	Priorización
4(IV). Quema de Biomasa	Fortalecer los arreglos institucionales y la coordinación con las entidades que reportan al SNIF para incluir datos desagregados por tipo de cultivo. Validar información, contrastar con datos de quema	1990-2024	Ideam-SEA Ideam-SNIF Secretarías de Ambiente Corporaciones Autónomas Regionales Alcaldías locales	BTR3

7 RESIDUOS (CRT 5)

AUTORES

Daniela Maria Bernal Escobar (Ideam - Fundación Natura – PNUD), Diana Carolina Avella Ostos (Ideam - Fundación Natura – PNUD), Sergio Andrés Garces Jimenez (Ideam - Fundación Natura – PNUD), Wendi Yurani Garzón Herrera (Ideam - Fundación Natura – PNUD)

AGRADECIMIENTOS

ANLA: Mónica Andrea Gutierrez Pedreros, **DANE:** Cesar Mauricio López Alfonso, Liliana Velásquez, Leidy Katherine Cifuentes. **EMCALI:** Cristhian Enrique Burbano, **Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB):** Diego Camilo Ortiz Corredo**r, EPM:** Julio Cesar García Fernández, **Ideam:** Elizabeth Patiño Correa, Adriana María Zapata, Julián David Paez, **Ideam - Fundación Natura – PNUD:** Laura Natalia Solano Cuadros, **Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible:** Sandra Ruiz, María Fernanda Riveros, **Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio:** Paolo Alexis Muñoz, Fabián Ricardo Rincón Calvo. **Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD):** Willy Alberto Zambrano Chávez.

7.1 Panorama general del sector

7.1.1 Descripción del sector

En Colombia, la disposición final de residuos sólidos ordinarios está intrínsecamente ligada al servicio público de aseo, el cual es regulado principalmente por el Decreto 1077 de 2015. Durante la vigencia 2024, el país reportó la disposición de 12.149.386 toneladas de residuos sólidos, cifra que representó un incremento del 2,9 % respecto a lo registrado en 2023. Este volumen de residuos se encontró altamente concentrado en los principales polos económicos y demográficos; específicamente, el Distrito Capital de Bogotá y el departamento de Antioquia destacaron por disponer, de manera conjunta, más de 4.000 toneladas diarias cada uno, guardando coherencia con su aporte al PIB nacional (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2025c).

En términos de infraestructura, el país operó bajo un modelo de regionalización, donde históricamente más del 90 % de los desechos se han gestionado en sitios de carácter regional. Para el cierre de 2024, se identificaron 249 sitios de disposición final activos, de los cuales el 68,3 % (170 sitios) fueron clasificados como autorizados, desglosados en 160 rellenos sanitarios y 10 celdas de contingencia. Por su parte, el 31,7 % restante correspondió a sitios no autorizados, compuestos por 72 botaderos a cielo abierto y 7 celdas transitorias. La estrategia de regionalización se consolidó como el eje operativo del sector, logrando que el 93,15 % de los residuos diarios se gestionaran en 66 sitios regionales que brindaron servicio a 1.052 municipios (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2025c).

En términos de masa, el 97,8 % de los residuos totales del país se depositaron en sitios autorizados (principalmente rellenos sanitarios que cumplen con estándares técnicos de manejo de lixiviados y gases), mientras que el 2,2 % restante se dispuso en infraestructuras no autorizadas. Estos sitios no autorizados, representados mayoritariamente por botaderos a cielo abierto, persistieron como un reto en municipios con barreras de conectividad y limitadas capacidades administrativas, especialmente en las regiones Pacífica y Caribe (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2025c).

La generación de residuos en 2024 mostró una alta concentración urbana; las ocho ciudades con mayor población (Bogotá D.C., Medellín, Barranquilla, Cali, Cartagena, Cúcuta, Soledad y Soacha) dispusieron de forma conjunta el 42,4 % del total nacional. Dentro de este grupo, Bogotá D.C. se ratificó como el mayor generador, aportando el 18,7 % de los residuos dispuestos diariamente en todo el territorio nacional (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2025c).

En cuanto a la incineración controlada de residuos, ésta en el país aplica específicamente para los Residuos o Desechos Peligrosos (RESPEL), cuyo manejo y gestión en Colombia está regido por el Decreto 1076 de 2015 y monitoreado a través del Registro de Generadores de RESPEL liderado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). Durante 2024, se registró una generación de 540.482,9 toneladas de estos residuos, lo cual significó una disminución del 25 % respecto a la vigencia 2023. Este descenso se atribuyó, en gran medida, a la disminución en la producción de hidrocarburos. Históricamente, el sector de hidrocarburos (extracción, refinación y transporte) fue el mayor aportante, representando el 59 % de la generación nacional. Geográficamente, la generación se concentró en departamentos con alta actividad extractiva como Arauca, Casanare y Santander (Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam), 2025a).

En Colombia, la composición de los residuos peligrosos se estructura a partir de las corrientes definidas por el Convenio de Basilea, destacándose tres tipos que históricamente han dominado el panorama nacional: las mezclas de hidrocarburos y agua (corriente Y9-4060), que en 2024 representaron el 67 % del total; los desechos clínicos resultantes de la atención médica (corriente Y1+A4020), con un 12 %; y los desechos de aceites minerales (corriente Y8-A3020), que aportaron el 6 %. Otras corrientes de interés especial incluyeron residuos de plaguicidas, bifenilos policlorados (PCB), asbesto y mercurio, los cuales demandaron procesos de gestión diferenciados debido a su alta toxicidad(Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam), 2025a).

En cuanto a las operaciones de manejo de residuos sólidos, para 2024 predominó el tratamiento como la principal modalidad de eliminación con un 67 % del total gestionado (370.889 t), seguido por la disposición final en celdas de seguridad (18 %; 98.662 t) y el aprovechamiento o valorización (15 %; 84.704 t). Dentro del tratamiento, la modalidad biológica (especialmente la biorremediación de lodos aceitosos) fue la más utilizada al concentrar el 52 % de los residuos tratados, mientras que el tratamiento fisicoquímico alcanzó el 34 %(Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam), 2025a).

El tratamiento térmico representó el 15 % del total de residuos tratados, consolidándose como una tecnología fundamental para la eliminación de patógenos y la reducción de volumen de desechos peligrosos. Durante 2024, se procesaron cerca de 55.260 toneladas bajo esta modalidad, mientras que otros métodos térmicos menores, como la pirólisis o el microondas, tuvieron una participación marginal del 1 %. (Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam), 2025a).

A pesar de que el manejo de residuos sólidos mediante la quema o incineración a cielo abierto actualmente se encuentra prohibido en el territorio nacional por el Decreto 1076 de 2015, esta práctica aún persiste como una

estrategia de disposición en zonas con deficiencias estructurales de saneamiento. La persistencia de esta actividad estuvo estrechamente vinculada a la brecha histórica en la cobertura del servicio público de aseo, situación que afectó de manera desproporcionada a las áreas rurales y a los municipios más alejados de los centros urbanos (Ideam et al., 2024).

Según los registros de coberturas de servicios públicos domiciliarios para la vigencia 2024, el 69,1 % de los municipios del país (762 municipios) presentaron niveles de cobertura de aseo en sus zonas rurales inferiores al 30 %. Dentro de este grupo, se identificó un foco crítico de 562 municipios con coberturas rurales por debajo del 15 %, localizados mayoritariamente en la región Andina (390 municipios), seguida por las regiones Pacífica (70 municipios) y Caribe (53 municipios).Ante la ausencia de esquemas de recolección y transporte, la población de estos territorios recurre a la quema de residuos sólidos municipales como una medida para evitar la acumulación de desechos, impulsada tanto por la falta de infraestructura técnica como por costumbres culturales arraigadas(Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2025a).

En cuanto al manejo de las aguas residuales domésticas, actualmente, el país se alinea con las metas nacionales de saneamiento básico definidas en el Plan Nacional de Desarrollo y el Plan Nacional de Manejo de Aguas Residuales Municipales (PMAR) 2020-2050. Este último instrumento se consolida como la hoja de ruta para resolver la contaminación hídrica mediante estrategias de gestión sectorial y ambiental. Bajo este marco, al cierre de la vigencia 2024, el país alcanzó un total de 11.411.607 usuarios conectados al servicio de alcantarillado, aunque persistió una marcada disparidad estructural entre las áreas urbanas y rurales(Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2025a).

Para el año 2024, en el ámbito urbano, el 78,9 % de los municipios (870 municipios) registraron coberturas de alcantarillado superiores al 75 %. No obstante, existieron focos críticos en capitales departamentales como Leticia, Quibdó, San José del Guaviare, Inírida, Santa Marta y San Andrés, cuyas coberturas urbanas se situaron por debajo del 50 %. La situación fue significativamente más desafiante en los asentamientos rurales, donde el 71,8 % de los municipios (792 municipios) reportaron coberturas inferiores al 30 %. Dentro de este grupo, se identificaron 607 municipios con niveles de cobertura rural menores al 15 %, localizados mayoritariamente en la región Andina (432 municipios), evidenciando deficiencias en el acceso a infraestructura convencional en áreas dispersas. Ante esta realidad, cobró relevancia el uso de soluciones particulares como pozos sépticos y letrinas, los cuales representaron el principal medio para garantizar el saneamiento básico ante las dificultades técnicas y económicas de extender redes en zonas rurales (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2025a).

Para el tratamiento de los efluentes, se identificaron 729 sistemas de tratamiento de aguas residuales (STAR) vinculados a las redes de alcantarillado. La capacidad instalada de estas infraestructuras mostró una tendencia creciente entre 2022 y 2024, acumulando un caudal de diseño total de 72.561,7 l/s para las 415 plantas que contaron con información detallada en el sistema. No obstante, la operación efectiva se concentró en ocho grandes plantas, entre las que destacaron Cañaveralejo (Cali), El Salitre (Bogotá), Aguas Claras (Bello) y San Fernando (Itagüí), las cuales depuraron de manera conjunta el 71 % del caudal nacional. En cuanto a la tecnología empleada, predominaron los sistemas de nivel secundario, que representaron el 72,6 % de los sistemas identificados (529 de los 729 STAR). Estas infraestructuras, que incluyen reactores anaerobios de flujo ascendente (UASB) y lodos activados, operaron dentro de los niveles de desempeño esperados para la reducción de la carga orgánica biodegradable (DBO_5) (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2025e).

Por su parte, en Colombia el manejo de las aguas residuales industriales se basa en los procesos de tratamiento in situ realizados por las empresas antes de su vertimiento final. De acuerdo con el Informe Nacional del Registro Único Ambiental (RUA), el comportamiento hídrico del sector durante 2023 mostró una tendencia hacia la optimización del recurso. En el sector manufacturero, el país consumió 326,6 millones de m^3 de agua, lo que representó una reducción de 61,6 millones de m^3 frente al año anterior, como resultado de la implementación de acciones de gestión ambiental como la recirculación y cambios tecnológicos. De este volumen captado, las fuentes superficiales (ríos) aportaron el 50,3 % y las aguas subterráneas el 25,9 %. En cuanto a los efluentes, se descargó un volumen total de 151 millones de m^3 de aguas residuales, lo que significó el 53,7 % del agua captada a nivel nacional. Esta cifra evidenció una reducción del 21,1 % en el volumen de vertimientos respecto a 2022(Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam), 2024). Regionalmente, para 2023 la mayor presión sobre el recurso se concentró en el departamento del Valle del Cauca, que aportó el 37,5 % del total nacional de vertimientos, seguido por Cauca (10 %), Antioquia (8 %), Atlántico (8 %) y Santander (7 %). El análisis por actividad económica permitió identificar los cinco grupos industriales con mayor volumen de vertimientos, correspondieron a: i). Fabricación de pulpa, papel y cartón: lideró la subcategoría con el 32,2 % del volumen total vertido; ii). Elaboración y refinación de azúcar: ocupó el segundo lugar con el 11,2 %; iii). Fabricación de productos de la refinación del petróleo: aportó el 10,3 % de los efluentes; iv). Procesamiento y conservación de carne y productos cárnicos: representó el 5,6 %; v). Producción de malta, elaboración de cervezas y otras bebidas malteadas: registró el 3,8 % del volumen nacional. Respecto a las fuentes receptoras, predominó la descarga directa a cuerpos de agua, donde los ríos recibieron el 62,2 % de los vertimientos y las quebradas el 6,2 %. El uso de la red de alcantarillado municipal o veredal para la disposición de efluentes industriales se situó en un 15,4 %(Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam), 2024).

Como se ilustra en la Figura 7-1, el sector Residuos comprende las estimaciones de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), carbono negro y contaminantes criterio derivadas de las actividades de tratamiento y

eliminación de desechos sólidos y líquidos. Este sector se estructuró principalmente en las categorías 5.A. Eliminación de residuos sólidos, 5.C. Incineración e incineración abierta de residuos y 5.D. Tratamiento y eliminación de aguas residuales.

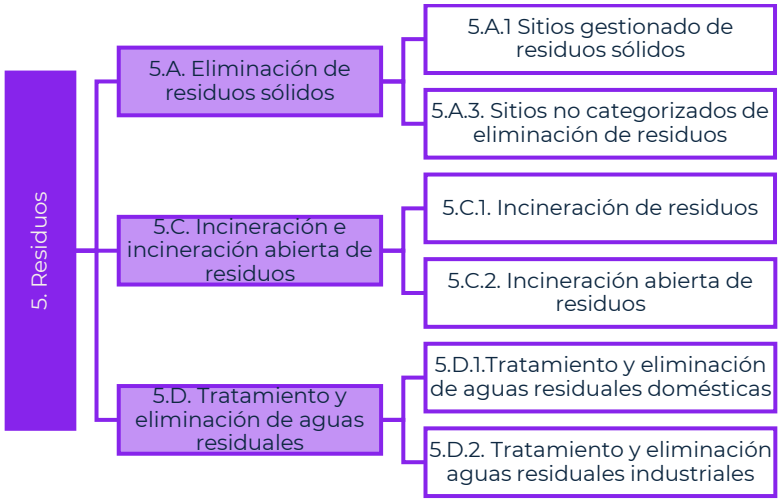


Figura 7-1. Sector Residuos: Categorías estimadas en el sector Residuos

Dentro de la estructura del inventario nacional, la categoría 5.A. Eliminación de residuos sólidos agrupó las emisiones generadas por la disposición de desechos en sitios gestionados (5.A.1), los cuales correspondieron a rellenos sanitarios, celdas de contingencia, celdas transitorias y plantas de tratamiento e integral (estas últimas plantas reportadas hasta 2019). Asimismo, incluyó los sitios de eliminación no categorizados (5.A.3), representados por botaderos a cielo abierto y enterramientos (este último reportado hasta 2017). Es importante precisar que, de acuerdo con la dinámica de reporte y clasificación técnica nacional, las emisiones de los sitios de eliminación no gestionados (5.A.2) se reportaron incorporadas dentro de la subcategoría 5.A.1. La categoría 5.C. Incineración e incineración abierta de residuos contempló las emisiones derivadas de la incineración técnica y controlada (5.C.1) de residuos peligrosos, hospitalarios y líquidos fósiles, así como la incineración abierta (5.C.2) de residuos sólidos municipales. Por su parte, la categoría 5.D. Tratamiento y eliminación de aguas residuales abarcó el manejo de aguas residuales domésticas (5.D.1) y el tratamiento de aguas residuales industriales (5.D.2). Adicionalmente, se evaluó la categoría 5.B. Tratamiento biológico de residuos sólidos, específicamente la subcategoría 5.B.1.a Compostaje de residuos sólidos municipales, para determinar la pertinencia de su inclusión en el inventario nacional. Con este fin, Colombia aplicó el criterio de insignificancia establecido en las Modalidades, Procedimientos y Directrices (MPG) del Acuerdo de París (United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), 2018). Para ello, se realizó una estimación aproximada de las emisiones de CO_2 y CH_4 para el período 2012-2024. Los resultados mostraron que las emisiones asociadas representaron menos del 0,05 % de las emisiones netas nacionales, por lo que esta subcategoría se consideró insignificante y se reportó con la clave de notación No Estimada (NE), en conformidad con las MPGs.

Es de resaltar que la generación y aprovechamiento de biogás se reportó tanto en las categorías 5.A y 5.D, específicamente en los rellenos sanitarios (5.A.3) y sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas (5.D.1); sin embargo, los volúmenes que fueron recuperados y aprovechados con fines energéticos se contabilizaron dentro del sector Energía (categoría 1.A), específicamente en la subcategoría 1.A.4.a.i. Comercial/institucional (estacionaria). Finalmente, la categoría 5.E. Otros se asumió como No Ocurre (NO), al no haberse identificado en el territorio nacional otras fuentes de emisión o mecanismos de disposición adicionales a los descritos anteriormente.

7.1.2 Tendencia de las emisiones y absorciones atmosféricas del sector

La Tabla 7-1 presenta las emisiones estimadas para el sector Residuos en el año 2024, desagregadas por contaminante, categoría y subcategoría de fuente. Los resultados incluyen los gases de efecto invernadero directos reportados en unidades de CO_2 equivalente (CO_2, CH_4 y N_2O), así como otros contaminantes atmosféricos asociados a las actividades de gestión de residuos. La información se presenta conforme a la estructura de categorías del IPCC adoptada para el inventario nacional. El total de gases de efecto invernadero corresponde a la suma de las contribuciones de CO_2, CH_4 y N_2O expresadas en kt CO_2 equivalente.

Para el año 2024, las emisiones del sector Residuos en Colombia alcanzaron un total de 25.982,2 kt CO_2eq, lo que representó aproximadamente el 9,4 % del total nacional reportado (276.732,8 kt CO_2eq). Este sector ha mostrado una tendencia de crecimiento constante, incrementando sus emisiones en un 175,7 % desde 1990 (9.423,2 kt CO_2eq). Estas emisiones estarían asociadas principalmente a la gestión de rellenos sanitarios y el tratamiento de efluentes industriales.

Tabla 7-1. Sector Residuos: Emisiones por contaminante, categoría y subcategoría (kt) para 2024.

Código	Categorías de fuente de GEI	CO_2 (kt CO_2eq)	CH_4 (kt CO_2eq)	N_2O (kt CO_2eq)	CN (kt)	PM_{10} (kt)	$PM_{2.5}$ (kt)	CO (kt)	COVDM (kt)	NH_3 (kt)	NO_x (kt)	SO_2 (kt)	SO_x (kt)	Total de GEI (kt CO_2eq)
5.	**Residuos**	1.293,8	23.796,1	892,3	1,5E-04	9,8E-05	5,5E-05	87,3	31,3	1,3	6,3	2,3E-02	1,0	25.982,2
5.A.	**Eliminación de residuos sólidos**	NA	12.630,2	NA	NA	2,9E-06	4,4E-07	NA	2,1E-02	NA	NA	NA	NA	12.630,2
5.A.1.	Sitios gestionados de residuos sólidos	NA	12.360,2	NA	NA	2,8E-06	4,3E-07	NA	2,0E-02	NA	NA	NA	NA	12.360,2
5.A.1.a.	Anaeróbico	NA	12.360,2	NA	NA	2,8E-06	4,3E-07	NA	2,0E-02	NA	NA	NA	NA	12.360,2
5.A.1.b.	Semi - aeróbico	NA	IE	NA	NA	IE	IE	NA	IE	NA	NA	NA	NA	IE
5.A.1.c.	Aireación activa	NA	IE	NA	NA	IE	IE	NA	IE	NA	NA	NA	NA	IE
5.A.2.	Sitios no gestionados de residuos sólidos	NA	IE	NA	NA	IE	IE	NA	IE	NA	NA	NA	NA	IE
5.A.3.	Sitios no categorizados de eliminación de residuos	NA	270,0	NA	NA	5,5E-08	8,3E-09	NA	3,9E-04	NA	NA	NA	NA	270,0
5.A.3.a.	Residuos altamente degradables	NA	IE	NA	NA	IE	IE	NA	IE	NA	NA	NA	NA	IE
5.A.3.b.	Residuos moderadamente degradables	NA	IE	NA	NA	IE	IE	NA	IE	NA	NA	NA	NA	IE
5.A.3.c.	Residuos menos degradables	NA	IE	NA	NA	IE	IE	NA	IE	NA	NA	NA	NA	IE
5.A.3.d.	Granel - Sin fracciones de residuos	NA	270,0	NA	NA	5,5E-08	8,3E-09	NA	3,9E-04	NA	NA	NA	NA	270,0
5.B.	**Tratamiento biológico de residuos sólidos**	NE	NE	NE	NA, NE	NA, NE	NA, NE	NE	NA, NE	NE	NA, NE	NA, NE	NA, NE	NE
5.B.1.	Compostaje	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NE	NA	NE	NA	NA	NA	NE
5.B.2.	Digestión anaeróbica en instalaciones de biogás	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
5.C.	**Incineración e incineración abierta de residuos**	1.293,8	378,1	82,6	1,5E-04	9,5E-05	5,5E-05	87,3	31,3	NA	6,3	2,3E-02	1,0	1.754,5
5.C.1.	**Incineración de residuos**	56,2	NE	NE	1,5E-04	9,5E-05	5,5E-05	8,9E-03	1,3E-01	NA	1,1E-01	2,3E-02	NA	56,2
5.C.1.a.	Biogénicos	IE	NE	NE	1,7E-05	3,1E-06	1,8E-06	9,5E-04	6,7E-03	NA	1,1E-02	2,6E-03	NA	NE
5.C.1.b.	No biogénicos	56,2	NE	NE	1,3E-04	9,2E-05	5,3E-05	7,9E-03	1,2E-01	NA	9,6E-02	2,0E-02	NA	56,2
5.C.2.	**Incineración abierta de residuos**	1.237,7	378,1	82,6	NA	NA	NA	87,2	31,2	NA	6,2	NA	1,0	1698,3
5.C.2.a.	Biogénicos	IE	IE	IE	NA	NA	NA	IE	IE	NA	IE	NA	IE	IE
5.C.2.b.	No biogénicos	1237,7	378,1	82,6	NA	NA	NA	87,2	31,2	NA	6,2	NA	1,0	1698,3
5.D.	**Tratamiento y eliminación de aguas residuales**	NA	10.787,9	809,7	NA	NA	NA	NA	8,3E-03	1,3	NA	NA	NA	11.597,6
5.D.1.	Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	NA	2.313,1	677,7	NA	NA	NA	NA	NO	1,3	NA	NA	NA	2.990,8
5.D.2.	Tratamiento y eliminación aguas residuales industriales	NA	8.474,8	132,0	NA	NA	NA	NA	8,3E-03	NA	NA	NA	NA	8.606,8
5.D.2.a.	Aceites vegetales	NA	17,9	NO	NA	NA	NA	NA	6,8E-05	NA	NA	NA	NA	17,9
5.D.2.b.	Alimentos para animales	NA	1.264,8	NO	NA	NA	NA	NA	1,5E-03	NA	NA	NA	NA	1.264,8
5.D.2.c.	Café	NA	709,4	NO	NA	NA	NA	NA	2,1E-04	NA	NA	NA	NA	709,4
5.D.2.d.	Carnes y aves	NA	290,7	33,6	NA	NA	NA	NA	4,5E-04	NA	NA	NA	NA	324,3
5.D.2.e.	Fertilizantes nitrogenados	NA	NO	11,8	NA	NA	NA	NA	4,5E-05	NA	NA	NA	NA	11,8
5.D.2.f.	Jabón y detergentes	NA	8,0	NO	NA	NA	NA	NA	6,6E-05	NA	NA	NA	NA	8,0
5.D.2.g.	Malta y cerveza	NA	339,1	8,3	NA	NA	NA	NA	3,1E-04	NA	NA	NA	NA	347,4
5.D.2.h.	Manufactura de hierro y acero	NA	NO	18,6	NA	NA	NA	NA	1,3E-04	NA	NA	NA	NA	18,6
5.D.2.i.	Medicamentos	NA	22,0	NO	NA	NA	NA	NA	3,1E-05	NA	NA	NA	NA	22,0
5.D.2.j.	Otros alimentos	NA	1.262,6	NO	NA	NA	NA	NA	9,5E-04	NA	NA	NA	NA	1.262,6
5.D.2.k.	Otras bebidas	NA	3,9	NO	NA	NA	NA	NA	1,5E-04	NA	NA	NA	NA	3,9
5.D.2.l.	Pinturas	NA	42,8	NO	NA	NA	NA	NA	3,6E-05	NA	NA	NA	NA	42,8
5.D.2.m.	Plásticos y resinas	NA	1,8	1,1	NA	NA	NA	NA	9,4E-06	NA	NA	NA	NA	2,9
5.D.2.n.	Procesamiento del pescado	NA	2,9	1,0	NA	NA	NA	NA	3,1E-06	NA	NA	NA	NA	3,9
5.D.2.o.	Producción de almidón	NA	29,7	4,6	NA	NA	NA	NA	3,2E-05	NA	NA	NA	NA	34,3
5.D.2.p.	Productos lácteos	NA	167,6	NO	NA	NA	NA	NA	2,6E-04	NA	NA	NA	NA	167,6

Código	Categorías de fuente de GEI	CO_2 (kt CO_2eq)	CH_4 (kt CO_2eq)	N_2O (kt CO_2eq)	CN (kt)	PM_{10} (kt)	$PM_{2.5}$ (kt)	CO (kt)	COVDM (kt)	NH_3 (kt)	NO_x (kt)	SO_2 (kt)	SO_x (kt)	Total de GEI (kt CO_2eq)
5.D.2.q.	Pulpa y papel (combinados)	NA	1.169,2	NO	NA	NA	NA	NA	6,2E-04	NA	NA	NA	NA	1.169,2
5.D.2.r.	Refinación del azúcar	NA	516,9	NO	NA	NA	NA	NA	7,2E-04	NA	NA	NA	NA	516,9
5.D.2.s.	Refinado de alcohol	NA	125,7	52,9	NA	NA	NA	NA	3,8E-05	NA	NA	NA	NA	178,6
5.D.2.t.	Refinerías de petróleo	NA	63,4	NO	NA	NA	NA	NA	1,7E-04	NA	NA	NA	NA	63,4
5.D.2.u.	Sustancias químicas orgánicas	NA	2.329,1	NO	NA	NA	NA	NA	2,4E-03	NA	NA	NA	NA	2.329,1
5.D.2.v.	Textiles (naturales)	NA	2,9E-04	NO	NA	NA	NA	NA	1,8E-07	NA	NA	NA	NA	2,9E-04
5.D.2.w.	Verduras, frutas y zumos	NA	102,0	NO	NA	NA	NA	NA	1,2E-04	NA	NA	NA	NA	102,0
5.D.2.x.	Vino y vinagre	NA	5,5	NO	NA	NA	NA	NA	9,8E-06	NA	NA	NA	NA	5,5
5.E.	Otros	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Elementos informativos														
5.C.1.a.	Biogénicos	NO	NA	NA	IE	IE	IE	IE	IE	NA	IE	IE	IE	NO
5.C.2.a.	Biogénicos	IE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	IE

Nota: NA = no aplica; NE = no estimado; NO = no ocurre; IE = incluido en otro lugar; C = confidencial.

Fuente: Elaboración propia, con base en hoja Table1 de los CRT.

La Tabla 7-2 resume las emisiones totales de GEI del sector Residuos para los años seleccionados del período 1990–2024, desagregadas por categoría y subcategoría de fuente. Los resultados, expresados en kt CO_2eq, permiten identificar la evolución temporal de las emisiones del sector, los cambios en la contribución relativa de cada categoría y las principales fuentes responsables de las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a la gestión de residuos en el país.

Tabla 7-2. Sector Residuos: Emisiones totales de GEI por categoría y subcategoría (kt CO_2eq)

Categoría	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
5. Residuos	**9.423,2**	**11.564,1**	**13.786,8**	**15.852,8**	**17.440,8**	**19.941,9**	**23.584,3**	**23.740,9**	**25.362,6**	**25.103,7**	**25.982,2**
5.A. Eliminación de residuos sólidos	**3.082,0**	**4.899,7**	**6.386,5**	**7.484,2**	**8.111,0**	**9.331,3**	**11.189,0**	**11.499,4**	**11.869,1**	**12.206,7**	**12.630,2**
5.A.1. Sitios gestionados de residuos sólidos	2.989,1	4.766,7	6.223,1	7.296,5	7.895,8	9.033,1	10.948,2	11.261,3	11.637,9	11.955,2	12.360,2
5.A.2. Sitios no gestionados de residuos sólidos	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
5.A.3. Sitios no categorizados de eliminación de residuos	92,9	132,9	163,4	187,7	215,2	298,1	240,7	238,1	231,2	251,5	270,0
5.B. Tratamiento biológico de residuos sólidos	**NE**	**NE**	**NE**	**NE**	**NE**	**NE**	**NE**	**NE**	**NE**	**NE**	**NE**
5.B.1. Compostaje	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
5.B.2. Digestión anaeróbica en instalaciones de biogás	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
5.C. Incineración e incineración abierta de residuos	**824,6**	**857,5**	**1.017,3**	**1.027,3**	**1.190,0**	**1.139,0**	**1.556,9**	**1.670,5**	**1.733,0**	**1.776,2**	**1.754,5**
5.C.1. Incineración de residuos	28,9	33,5	37,7	40,8	44,0	78,0	73,8	76,3	83,2	64,8	56,2
5.C.2. Incineración abierta de residuos	795,6	824,0	979,6	986,5	1.146,0	1.061,0	1.483,1	1.594,2	1.649,8	1.711,5	1.698,3
5.D. Tratamiento y eliminación de aguas residuales	**5.516,7**	**5.806,9**	**6.383,0**	**7.341,3**	**8.139,7**	**9.471,7**	**10.838,4**	**10.571,0**	**11.760,5**	**11.120,8**	**11.597,6**
5.D.1.Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	2.438,1	2.286,6	2.810,1	2.814,4	3.028,9	3.010,2	2.967,5	3.027,6	2.966,5	2.905,3	2.990,8
5.D.2. Tratamiento y eliminación aguas residuales industriales	3.078,6	3.520,3	3.572,9	4.527,0	5.110,8	6.461,5	7.870,9	7.543,3	8.794,0	8.215,5	8.606,8
5.E. Otros	**NO**	**NO**	**NO**	**NO**	**NO**	**NO**	**NO**	**NO**	**NO**	**NO**	**NO**

Nota: Las emisiones de 5.C.1.a. y 5.C.2.a. (CO_2 Biogénico) son informativas y no se contabilizan en el total. Fuente: Elaboración propia.

La dinámica de las emisiones estuvo concentrada principalmente en la categoría de eliminación de residuos sólidos (5.A), la cual generó 12.630,2 kt CO_2eq en 2024, aportando el 48,6 % del total sectorial. El componente más significativo dentro de esta categoría fueron los sitios gestionados (5.A.1), responsables de 12.360,2 kt CO_2eq. Este comportamiento reflejó la trayectoria de formalización de la disposición final en rellenos sanitarios que, al promover condiciones de descomposición anaeróbica, incrementan la producción de metano. Por su parte, los sitios no categorizados (5.A.3), asociados a botaderos a cielo abierto, registraron un aporte de 270,0 kt CO_2eq, manteniendo una tendencia marginal dentro del balance actual.

El tratamiento y eliminación de aguas residuales (5.D) se consolidó como la segunda fuente de mayor peso con 11.597,6 kt CO_2eq en 2024, representando el 44,6 % de la categoría. Este flujo estuvo liderado por el manejo de aguas residuales industriales (5.D.2) con 8.606,8 kt CO_2eq, volumen vinculado a la intensidad productiva de sectores manufactureros clave como la pulpa y papel, otros alimentos, alimentos para animales y sustancias químicas orgánicas. El manejo de las aguas residuales domésticas (5.D.1) aportó 2.990,8 kt CO_2eq, asociadas tanto al caudal depurado en plantas municipales como a sistemas in situ en zonas rurales con brechas de alcantarillado.

En cuanto a la incineración y quema abierta de residuos (5.C), se reportaron 1.754,5 kt CO_2eq para la vigencia 2024. La quema abierta (5.C.2) persistió como la actividad dominante en este grupo con 1.698,3 kt CO_2eq, impulsada por las brechas de recolección en municipios periféricos y áreas rurales. La incineración técnica (5.C.1) de residuos peligrosos, hospitalarios y residuos líquidos fósiles tuvo un impacto menor de 56,2 kt CO_2eq, reflejando condiciones de control de emisiones que redujeron su intensidad frente a la quema sin tratamiento.

Finalmente, la categoría de tratamiento biológico de residuos (5.B) se clasificó bajo la clave de notación No Estimada (NE) debido a la falta de registros administrativos centralizados sobre los flujos gestionados por terceros. No obstante, el país sustentó esta decisión mediante una estimación técnica aproximada que arrojó emisiones máximas de 5,0 kt CO_2eq para procesos de compostaje en 2024, valor que se situó significativamente por debajo del umbral de insignificancia establecido por las directrices internacionales. Asimismo, no se

identificaron otros mecanismos de disposición en el territorio nacional, por lo que la categoría 5.E (Otros) se reportó como no ocurrida.

La serie histórica del sector Residuos mostrada en la Figura 7-2 reveló entre 1990 y 2024 un crecimiento sostenido de las emisiones, las cuales pasaron de 9.423,2 kt CO_2eq a un total de 25.982,2 kt CO_2eq, lo que representó un incremento acumulado del 175,7 %. El motor principal de esta tendencia fue la categoría de eliminación de residuos sólidos (5.A), que se cuadruplicó desde los 3.082,0 kt CO_2eq iniciales hasta alcanzar 12.630,2 kt CO_2eq en 2024, impulsada por la transición nacional hacia rellenos sanitarios gestionados que incrementaron la generación de metano en condiciones anaeróbicas.

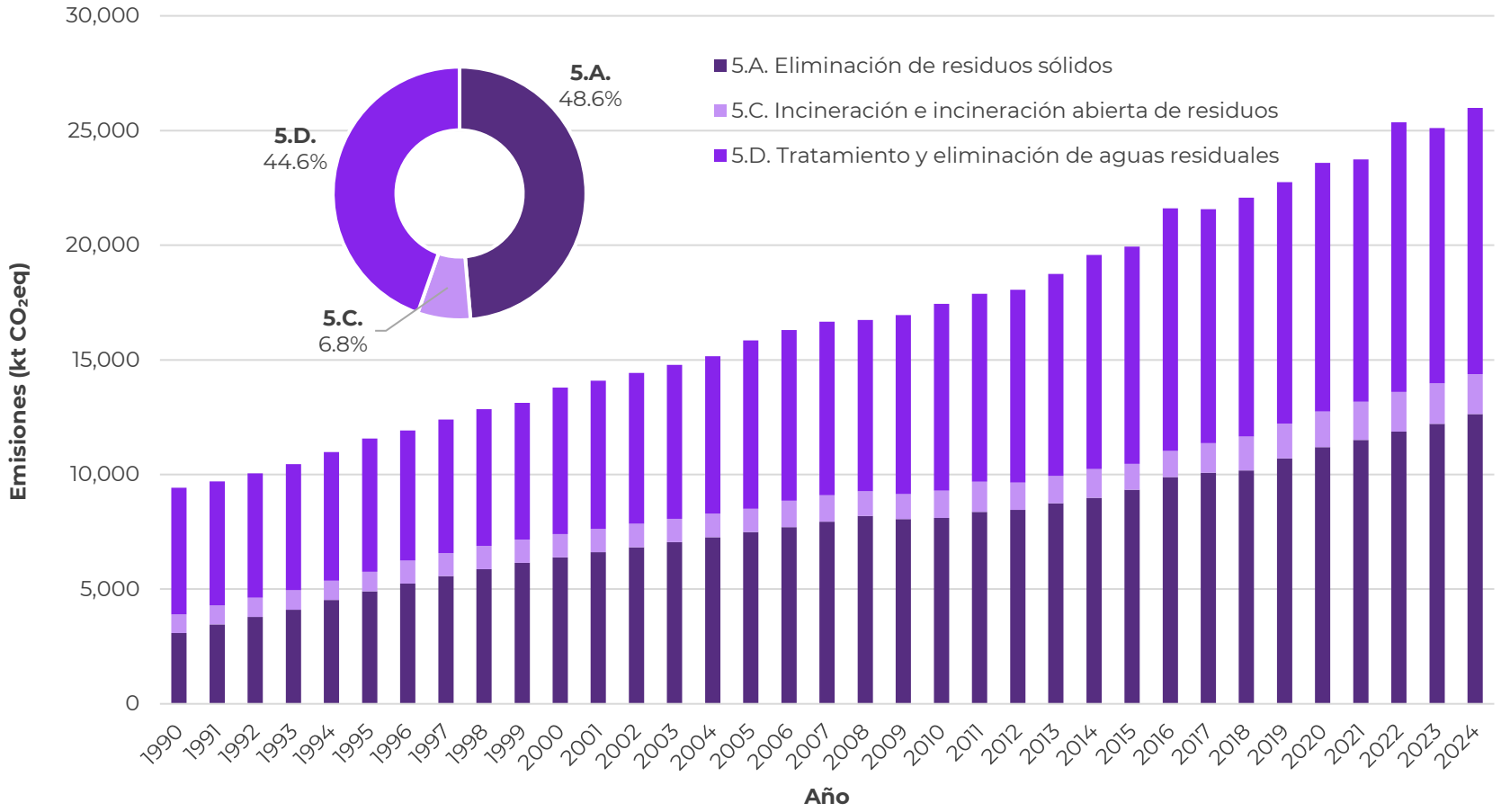


Figura 7-2. Sector Residuos: Emisiones totales de GEI por categoría (kt CO_2eq), 1990-2024

Fuente: Elaboración propia

Paralelamente, el tratamiento y eliminación de aguas residuales (5.D) mostró una evolución significativa al pasar de 5.516,7 kt CO_2eq en 1990 a 11.597,6 kt CO_2eq en el año de cierre, consolidándose como la segunda fuente de mayor peso sectorial con una participación del 44,6 %. En esta categoría, el crecimiento estuvo fuertemente relacionado por los efluentes industriales, cuya dinámica responde directamente a la intensidad de la actividad manufacturera del país.

Por otro lado, la incineración y quema abierta (5.C) duplicó sus emisiones en el periodo analizado, situándose en 1.754,5 kt CO_2eq en 2024, cifra explicada mayoritariamente por la persistencia de la quema de desechos en zonas con limitaciones estructurales de saneamiento. En síntesis, estos resultados del ciclo BTR2 evidenciaron una trayectoria de emisiones que ha sido armonizada técnicamente para garantizar la coherencia y transparencia de los datos a lo largo de las tres décadas evaluadas.

Como se observa en la Tabla 7-3 y en la Figura 7-3 al cierre de la vigencia 2024, el perfil de emisiones del sector Residuos estuvo dominado de manera absoluta por el metano (CH_4), el cual aportó 23.796,1 kt CO_2eq, representando el 91,6 % del total sectorial. Este gas es el principal indicador de la dinámica del sector, pues su generación está vinculada a los procesos de descomposición anaeróbica en los sitios de disposición final gestionados y en los sistemas de tratamiento de aguas residuales industriales. A lo largo de la serie histórica, las emisiones de metano mostraron el crecimiento más robusto, incrementándose en un 184,8 % desde 1990, cuando se reportaron 8.356,8 kt CO_2eq.

Tabla 7-3. Sector Residuos: Emisiones totales de GEI por categoría y subcategoría (kt CO_2eq)

GEI	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
CO_2	608,3	633,5	751,0	759,2	878,7	850,9	1.154,5	1.238,1	1.285,4	1.312,0	1.293,8
CH_4	8.356,8	10.355,3	12.467,7	14.505,4	15.946,6	18.386,0	21.622,4	21.640,9	23.202,3	22.901,6	23.796,1
N_2O	458,2	575,3	568,1	588,2	615,5	705,0	807,3	862,0	874,9	890,1	892,3
Total	**9.423,2**	**11.564,1**	**13.786,8**	**15.852,8**	**17.440,8**	**19.941,9**	**23.584,3**	**23.740,9**	**25.362,6**	**25.103,7**	**25.982,2**

Fuente: Elaboración propia

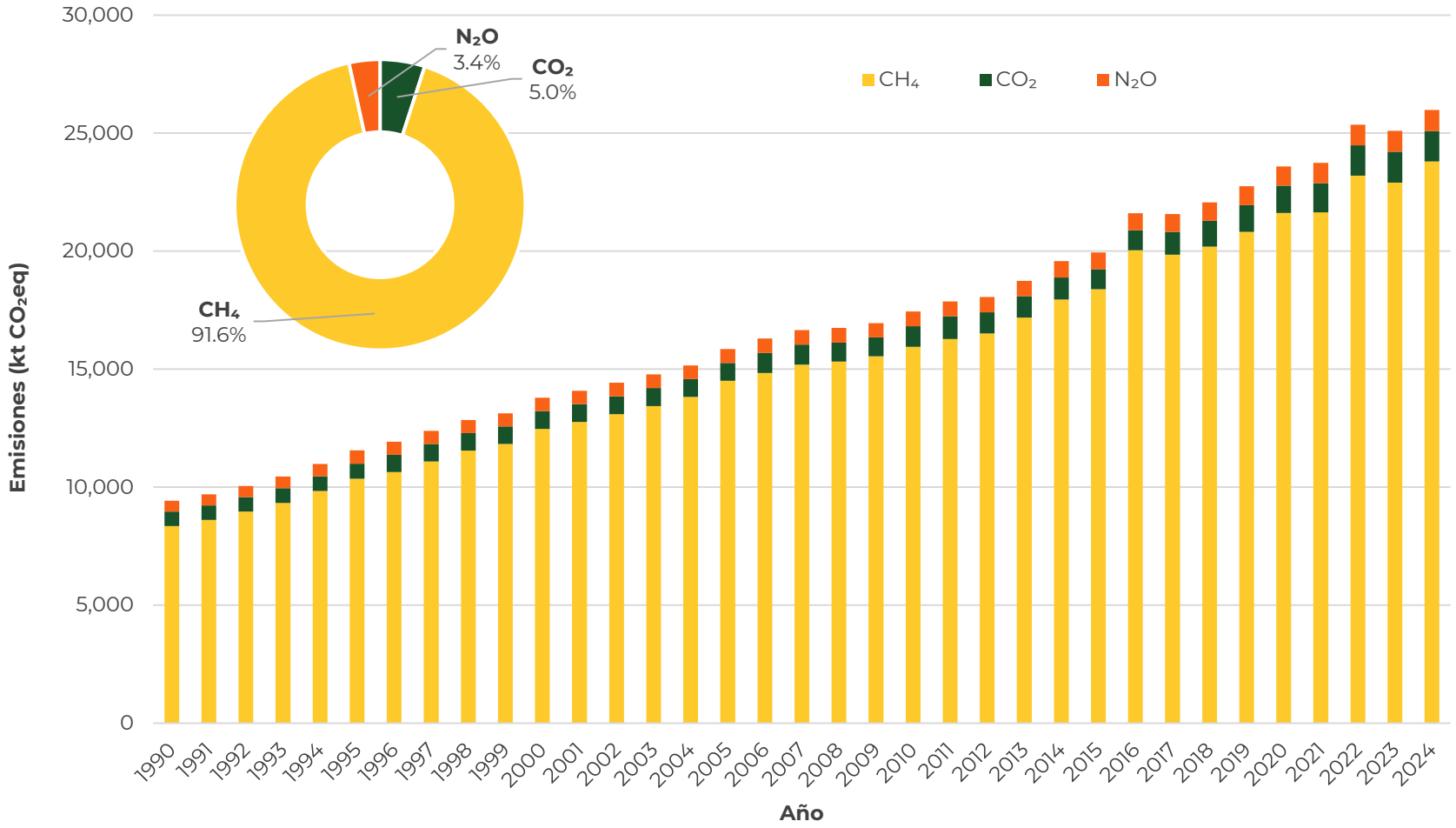


Figura 7-3. Sector Residuos: Emisiones por cada GEI (kt CO_2eq), 2024

Fuente: Elaboración propia

Por su parte, el dióxido de carbono (CO_2) se posicionó como el segundo gas de mayor relevancia con un aporte de 1.293,8 kt CO_2eq en 2024, lo que correspondió al 5,0 % del balance de residuos. Estas emisiones se derivaron principalmente de la fracción no biogénica en la quema abierta de residuos y la incineración técnica de desechos peligrosos. Si bien su participación fue menor frente al metano, el CO_2 duplicó su volumen respecto a los niveles de 1990 (608,3 kt CO_2eq), lo cual reflejó la persistencia de la combustión de desechos como práctica de eliminación en zonas con limitaciones estructurales de recolección.

Finalmente, el óxido nitroso (N_2O) contribuyó con 892,3 kt CO_2eq, equivalentes al 3,4 % de las emisiones del sector en el año de cierre. Este gas, asociado mayoritariamente al manejo y descarga de aguas residuales domésticas e industriales, mantuvo una tendencia de crecimiento gradual y sostenido, pasando de 458,2 kt CO_2eq en 1990 a su valor actual, lo que representó un aumento del 94,7 %.

La evolución por tipo de gas en el BTR2 confirmó que el sector Residuos en Colombia es una fuente relevante de gases de calentamiento directo, cuya trayectoria ascendente es el motor principal del incremento total del 175,7 % observado en la serie histórica analizada.

En la Tabla 7-4 y Figura 7-4, se presenta la serie histórica de los contaminantes criterio y el carbono negro (CN) para el sector Residuos, evidenciándose entre 1990 y 2024 una tendencia de crecimiento en la mayoría de los contaminantes, con las cifras más significativas de emisión concentradas en los contaminantes gaseosos. El monóxido de carbono (CO) fue el contaminante predominante en términos de masa durante toda la serie histórica, registrando un incremento del 112,9 % al pasar de 41,0 kt en 1990 a 87,3 kt en 2024. Este comportamiento es consistente con la persistencia de la quema abierta de residuos sólidos municipales, donde la combustión incompleta de biomasa y materiales no biogénicos libera altas concentraciones de este gas. En una trayectoria similar, las emisiones de compuestos orgánicos volátiles diferentes al metano (COVDM) se duplicaron en el periodo analizado, iniciando en 14,7 kt y finalizando la serie en 31,3 kt. Estos compuestos, junto con el CO, representaron el mayor aporte del sector a la carga contaminante atmosférica.

Por su parte, las emisiones de dióxido de azufre (SO_2) en el sector Residuos registraron un incremento del 215 % entre 1990 y 2024, pasando de 7,3E-03 kt a 2,3E-02 kt. Esta evolución estuvo determinada por la dinámica de la incineración técnica y controlada (5.C.1), la cual evidenció un máximo histórico de 2,8E-02 kt en 2020 como respuesta directa al aumento en el tratamiento térmico de residuos hospitalarios y biosanitarios durante la emergencia sanitaria.

Paralelamente, los óxidos de azufre (SO_x) aumentaron un 104 % en la serie histórica, ascendiendo de 4,9E-01 kt a un valor de 1,0 kt en el año de cierre. Este comportamiento fue impulsado de forma dominante por la quema abierta de residuos (5.C.2) en zonas rurales y municipios con brechas estructurales de recolección, donde la liberación de estos precursores se duplicó en consonancia con la expansión demográfica y la persistencia de esta práctica de eliminación.

Tabla 7-4. Sector Residuos: Emisiones de carbono negro y contaminantes criterio (kt)

Precursor	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
CN	4,5E-05	5,0E-05	5,6E-05	6,0E-05	6,3E-05	7,1E-05	1,7E-04	1,6E-04	1,5E-04	1,4E-04	1,5E-04
PM_{10}	7,6E-05	8,9E-05	1,0E-04	1,1E-04	1,2E-04	2,5E-04	1,4E-04	1,7E-04	2,0E-04	1,4E-04	9,8E-05
$PM_{2.5}$	4,3E-05	5,0E-05	5,7E-05	6,3E-05	6,8E-05	1,4E-04	7,8E-05	9,4E-05	1,1E-04	7,6E-05	5,5E-05
CO	41,0	42,4	50,4	50,8	59,0	54,6	76,2	81,9	84,8	87,9	87,3
COVDM	14,7	15,3	18,1	18,3	21,2	19,8	27,4	29,5	30,5	31,6	31,3
NH_3	1,7	1,7	1,7	1,8	1,6	1,2	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
NO_x	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
SO_2	7,3E-03	8,2E-03	9,1E-03	9,8E-03	1,0E-02	1,2E-02	2,8E-02	2,5E-02	2,4E-02	2,2E-02	2,3E-02
SO_x	4,9E-01	5,1E-01	6,0E-01	6,0E-01	7,0E-01	6,5E-01	9,1E-01	9,8E-01	1,0	1,0	1,0

Fuente: Elaboración propia

El amoníaco (NH_3) fue el único contaminante que presentó una tendencia decreciente, descendiendo de 1,7 kt en 1990 a 1,3 kt en 2024. Esta reducción del 23,5 % podría estar asociada a cambios en las prácticas de tratamiento de aguas residuales.

Finalmente, el material particulado (PM_{10} y $PM_{2.5}$) y el carbono negro (CN) registraron valores extremadamente bajos en comparación con otros sectores como Energía o Transporte, situándose siempre por debajo de 0,1 kt. Es destacable que tanto el PM_{10} como el $PM_{2.5}$ alcanzaron sus picos históricos en el año 2015, con emisiones de 4,1E-04 kt y 2,3E-04 kt respectivamente, antes de retornar a niveles más bajos hacia 2024. A pesar de su baja representatividad en masa, el seguimiento de estas partículas y del hollín (CN) es prioritario para el país debido a su impacto directo en el forzamiento climático de corto plazo y su origen vinculado a la quema descontrolada de desechos en zonas con brechas de saneamiento.

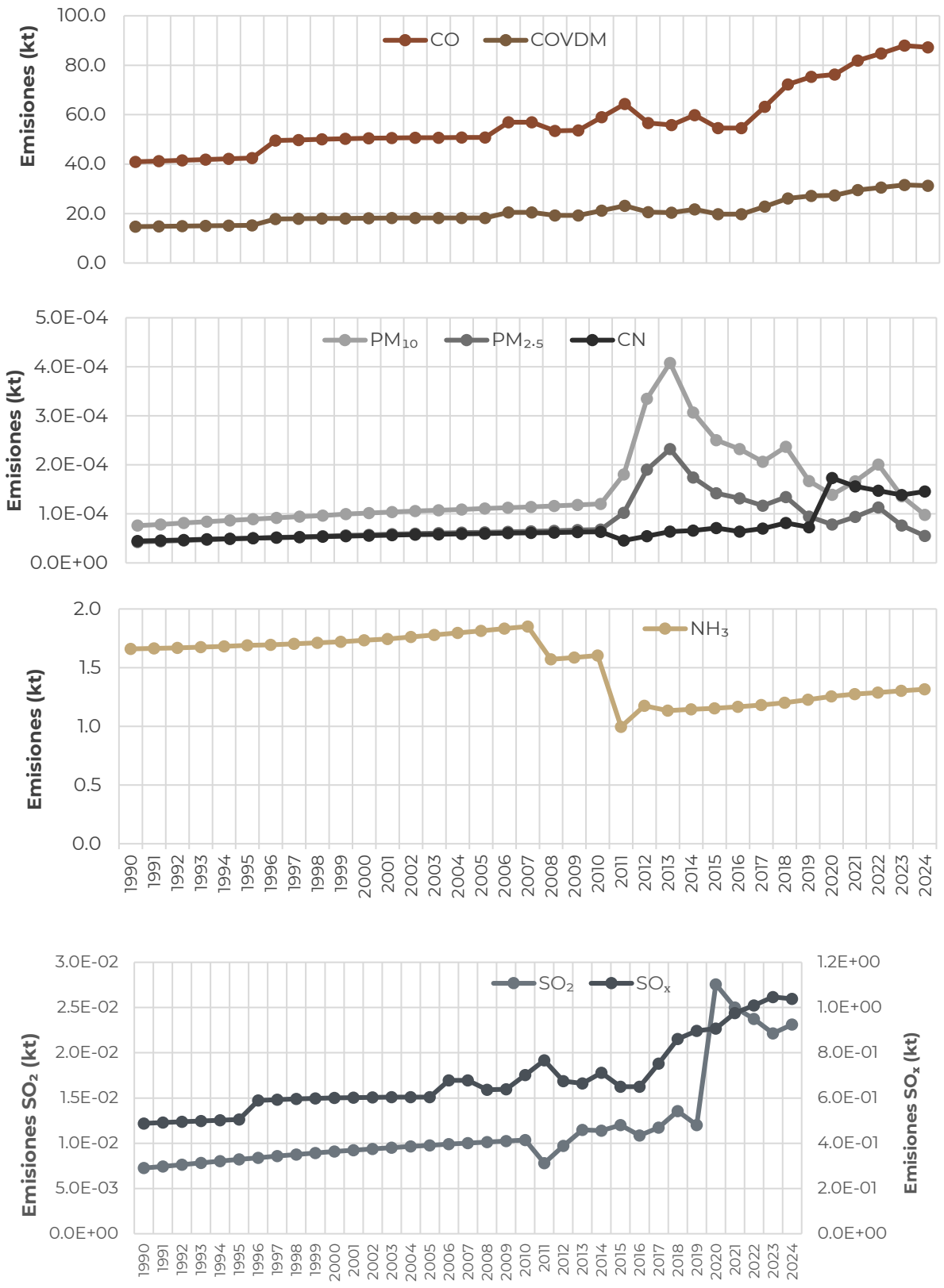


Figura 7-4. Sector Residuos: Emisiones de carbono negro y contaminantes criterio (kt), 1990-2024

Fuente: Elaboración propia

Es fundamental señalar que, en diversos momentos de la serie histórica, los valores reportados de carbono negro (CN) resultaron inferiores a los del material particulado fino ($PM_{2.5}$), comportamiento que respondió estrictamente a la diferenciación de fuentes estimadas según la disponibilidad de factores de emisión internacionales. De acuerdo con la metodología EMEP/EEA 2019, el carbono negro se cuantificó para la subcategoría 5.C.1 enfocada específicamente en residuos hospitalarios, fuente para la cual no se dispone de factores por defecto que permitieran estimar el PM_{10} ni el $PM_{2.5}$. (European Environment Agency, 2019). En contraste, el material particulado se calculó de forma representativa para los sitios no categorizados de eliminación de residuos (5.A.3) y otros segmentos de la incineración, los cuales no cuentan con una metodología equivalente para el carbono negro. En consecuencia, dado que el total de $PM_{2.5}$ incluyó aportes de botaderos a cielo abierto que no registraron CN, mientras que el total de CN provino de una fuente donde no se cuantificó el material particulado en este inventario, la relación de masa entre estos contaminantes varió a través del tiempo en función de la actividad específica de cada subcategoría.

7.1.3 Aspectos metodológicos generales del sector

Las estimaciones de emisiones del sector se desarrollaron siguiendo las metodologías establecidas en las Directrices del IPCC de 2006 y sus Refinamientos de 2019 (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006a, 2019a) de acuerdo con la categoría y la disponibilidad de información nacional. Para la estimación de contaminantes criterio y carbono negro se emplearon las metodologías y factores de emisión propuestos en la Guía EMEP/EEA 2019(European Environment Agency, 2019h), conforme a las categorías del sector para las cuales aplica este cálculo. La selección de los niveles metodológicos (Tier) para el sector Residuos en este ciclo de reporte buscó equilibrar la solidez técnica con la disponibilidad de datos nacionales, garantizando la exhaustividad de la serie histórica recalculada. Para la categoría de eliminación de residuos sólidos (5.A), tanto en sitios gestionados (5.A.1) como en sitios no categorizados (5.A.3), el país aplicó un nivel Tier 2 para la estimación del metano (CH_4) mediante el modelo de descomposición de primer orden (FOD), el cual utilizó datos específicos sobre la disposición actual e histórica de desechos (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006b).

En contraste, debido a la naturaleza marginal de sus emisiones atmosféricas, los contaminantes criterio como los COVDM y el material particulado (PM_{10} y $PM_{2.5}$) en esta categoría se cuantificaron bajo un nivel Tier 1 empleando factores de emisión por defecto de la guía EMEP/EEA (European Environment Agency, 2019j). Respecto a la incineración y quema abierta de residuos (5.C), el inventario nacional avanzó hacia un nivel Tier 2a para el reporte del dióxido de carbono (CO_2), fundamentado en el uso de cantidades específicas de residuos peligrosos, hospitalarios y líquidos fósiles incinerados en el país. No obstante, las emisiones de metano y óxido nitroso en la quema abierta (5.C.2), así como el conjunto de contaminantes criterio y carbono negro en toda la categoría 5.C, se mantuvieron en un nivel Tier 1 debido a la falta de información técnica detallada sobre las condiciones de combustión y el tipo de incineradores utilizados.

Finalmente, el tratamiento y eliminación de aguas residuales (5.D) presentó una estructura metodológica mixta basada en la disponibilidad de información y los requerimientos de las guías internacionales. Para los gases de efecto invernadero (CH_4 y N_2O) y el amoníaco (NH_3), tanto en flujos domésticos como industriales, se mantuvo un nivel Tier 1 de conformidad con las Directrices del IPCC. No obstante, un avance metodológico en la subcategoría de aguas industriales (5.D.2) correspondió a la implementación de un proceso de ponderación técnica de los factores de emisión, el cual utilizó los registros administrativos del Registro Único Ambiental (RUA) para identificar y estratificar las tecnologías de tratamiento y los caudales de vertimiento en el país. Este ejercicio de caracterización tecnológica permitió que las emisiones de COVDM asciendieran formalmente a un nivel Tier 2 al cumplir con los criterios de estratificación por proceso exigidos por la guía EMEP/EEA; por el contrario, para los GEI se conservó la clasificación de Nivel 1, ya que, a pesar de la representatividad lograda con la ponderación, el cálculo sigió fundamentado en los valores de base predeterminados por las tablas internacionales del IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006b).

La Tabla 7-5 presenta un resumen de los niveles metodológicos utilizados para la estimación de GEI, carbono negro (CN) y contaminantes criterio en las diferentes subcategorías del sector Residuos. Para una descripción más amplia y detallada de los factores de emisión, datos de actividad y ecuaciones empleadas, se recomienda consultar las respectivas secciones a nivel de categoría.

Tabla 7-5. Sector Residuos: Niveles metodológicos

Categoría	Subcategoría	GEI - contaminante	Nivel (Tier)
5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.1. Sitios gestionados de residuos sólidos	CH_4	2
		COVDM, PM_{10}, $PM_{2.5}$	1
	5.A.3. Sitios no categorizados de eliminación de residuos	CH_4	2
		COVDM, PM_{10}, $PM_{2.5}$	1
5.C. Incineración e incineración abierta de residuos	5.C.1. Incineración de residuos	CO_2,	2a
		CN, CO, COVDM, NO_x, PM_{10}, $PM_{2.5}$, SO_2	1
	5.C.2. Incineración abierta de residuos	CO_2,	2a
		CH_4, N_2O	1
		CO, COVDM, NO_x, SO_x,	1

Categoría	Subcategoría	GEI - contaminante	Nivel (Tier)
5.D. Tratamiento y eliminación de aguas residuales	5.D.1.Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	CH_4, N_2O	1
		NH_3,	1
	5.D.2. Tratamiento y eliminación aguas residuales industriales	CH_4, N_2O	1
		COVDM	2

Fuente: Elaboración propia.

Las estimaciones para la categoría 5.A se realizaron mediante una herramienta automatizada desarrollada en lenguaje R, implementada durante este ciclo del inventario para fortalecer la aplicación del modelo de Descomposición de Primer Orden (FOD) del IPCC a nivel Tier 2. Esta mejora permitió integrar grandes volúmenes de información, extender la serie temporal hasta 2024 y garantizar la consistencia de los cálculos para las distintas subcategorías y sitios de disposición final.

7.2 Disposición de residuos sólidos (CRT 5.A)

7.2.1 Descripción y tendencia de las emisiones y absorciones atmosféricas de la categoría

En la Figura 7-5 se ilustra el árbol de categorías de la categoría 5.A. Eliminación de residuos sólidos. Este árbol de categorías permite desglosar las emisiones de metano (CH_4) generadas por la degradación de la materia orgánica, diferenciando entre la infraestructura formalmente administrada y aquellas prácticas de disposición que no cumplen con los estándares técnicos vigentes; en este sentido, la categoría está conformada por dos subcategorías: 5.A.1. Sitios gestionados de residuos sólidos y 5.A.3. Sitios no categorizados de eliminación de residuos.

De conformidad con la disponibilidad de información, la estructura se consolidó en niveles específicos de agregación para garantizar la transparencia y exhaustividad del inventario: en los sitios gestionados (5.A.1) se asumieron condiciones anaeróbicas reportando bajo la clasificación de residuos voluminosos (5.A.1.a.iv), mientras que en los sitios no categorizados (5.A.3) las emisiones se estimaron de forma global como residuos a granel (5.A.3.d).

En el inventario nacional, las emisiones correspondientes a la subcategoría 5.A.2. Sitios de eliminación de residuos no gestionados se reportaron bajo la clave de notación IE (Estimado en otro lugar). Esta decisión metodológica se fundamentó en los siguientes criterios técnicos:

I. Alineación con el contexto nacional: de acuerdo con el marco regulatorio y la clasificación de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD), la infraestructura de disposición final en el país se divide exclusivamente en sitios autorizados (adecuados) y sitios no autorizados (inadecuados). Los sitios autorizados, como rellenos sanitarios, celdas de contingencia y transitorias y plantas de tratamiento e integral, se reportaron íntegramente en la subcategoría 5.A.1.
II. Limitaciones en la caracterización técnica de la profundidad: las Directrices del IPCC de 2006 exigen, para la clasificación en la subcategoría 5.A.2, diferenciar los sitios entre profundos (≥ 5 metros) y poco profundos (< 5 metros), sin embargo, actualmente, el país no dispone de datos granulares sobre la profundidad de los botaderos a cielo abierto o enterramientos en el país.
III. Aplicación del árbol de decisión del IPCC: ante la imposibilidad de categorizar los sitios dentro de las especificaciones de profundidad de la subcategoría 5.A.2, las directrices internacionales autorizan el uso de la categoría 5.A.3. Sitios de eliminación de residuos no categorizados.

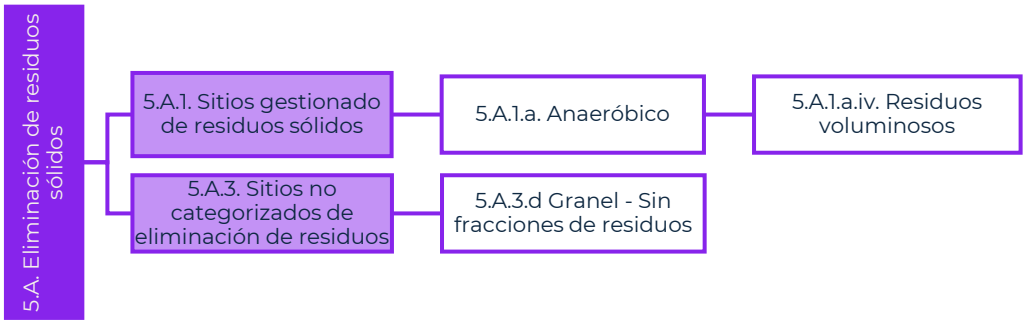


Figura 7-5. Disposición de residuos sólidos: Subcategorías estimadas en la categoría

La categoría 5.A. Eliminación de residuos sólidos abarcó la estimación de las emisiones de metano (CH_4) generadas por la degradación bioquímica de la materia orgánica en los sitios de disposición final en tierra, las

cuales se cuantificaron mediante el método de descomposición de primer orden (FOD) en un nivel metodológico Tier 2.

En lo que respecta a los **sitios gestionados de residuos sólidos** (5.A.1), que integran infraestructuras controladas como rellenos sanitarios, celdas de contingencia, celdas transitorias y plantas de tratamiento e integral bajo la vigilancia de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, la totalidad de las emisiones se reportaron bajo la subcategoría 5.A.1.a. Anaeróbico, ya que la información técnica nacional no permitió diferenciar actualmente entre tipos de tecnologías específicas, como la aireación activa o los sistemas semiaeróbicos, asumiendo por defecto que los sitios operaron bajo las condiciones anaeróbicas predominantes que maximizaron la producción de metano. Asimismo, se consolidó específicamente en la subcategoría 5.A.1.a.iv. Residuos voluminosos (bulk waste) debido a la ausencia de series históricas que permitieran caracterizar con exactitud la composición de los residuos según su grado de degradabilidad (alta, moderada o baja).

Por su parte, los **sitios no categorizados de disposición** de residuos (5.A.3) agrupan prácticas de disposición que no cumplen con los requisitos técnicos, controles o permisos ambientales vigentes, tales como los botaderos a cielo abierto o los enterramientos (esta última actividad registra información hasta el año 2017). Debido igualmente a la carencia de información histórica detallada para caracterizar estos desechos según su nivel de degradabilidad, Colombia reportó estas emisiones de manera agregada bajo la subcategoría 5.A.3.d Granel - Sin fracciones de residuos (Bulk waste).

- **Tendencia de las emisiones**

La categoría de eliminación de residuos sólidos (5.A) constituyó el componente más significativo del sector, mostrando una tendencia de crecimiento constante que llevó sus emisiones de 3.082,0 kt CO_2eq en 1990 a un total de 12.630,2 kt CO_2eq en 2024. Este incremento estuvo liderado de forma absoluta por los sitios gestionados de residuos sólidos (5.A.1), los cuales registraron una evolución desde 2.989,1 kt CO_2eq al inicio del periodo hasta 12.360,2 kt CO_2eq en la vigencia de cierre. Dicha trayectoria reflejó la transición de la política nacional hacia la disposición final en rellenos sanitarios controlados, un cambio que, aunque mejoró la gestión sanitaria, incrementó la liberación de metano debido a las condiciones de descomposición anaeróbica que caracterizaron a estos sistemas tecnificados. Paralelamente, los sitios no categorizados de eliminación (5.A.3), que consideraron botaderos a cielo abierto, aportaron 270,0 kt CO_2eq en 2024, tras haber iniciado la serie histórica con 92,9 kt CO_2eq. Es notable que esta subcategoría alcanzó su punto máximo de emisión en el año 2015 con 298,1 kt CO_2eq, consolidando desde entonces una tendencia decreciente asociada a la formalización del servicio público de aseo y la clausura de sitios inadecuados en cumplimiento de la normativa ambiental.

La tendencia de la categoría 5.A presentada en la Tabla 7-6 y Figura 7-6 evidencia cómo la consolidación de la infraestructura de disposición final, vinculada al crecimiento de la población y la generación de desechos, definió el perfil de emisiones del sector y fundamentó su clasificación como una fuente clave para el inventario nacional.

Tabla 7-6. Disposición de residuos sólidos: Emisiones totales de GEI por categoría (kt CO_2eq)

Subcategoría	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
5.A. Eliminación de residuos sólidos	**3.082,0**	**4.899,7**	**6.386,5**	**7.484,2**	**8.111,0**	**9.331,3**	**11.189,0**	**11.499,4**	**11.869,1**	**12.206,7**	**12.630,2**
5.A.1 Sitios gestionados de residuos sólidos	**2.989,1**	**4.766,7**	**6.223,1**	**7.296,5**	**7.895,8**	**9.033,1**	**10.948,2**	**11.261,3**	**11.637,9**	**11.955,2**	**12.360,2**
5.A.1.a. Anaeróbico	2.989,1	4.766,7	6.223,1	7.296,5	7.895,8	9.033,1	10.948,2	11.261,3	11.637,9	11.955,2	12.360,2
5.A.1.a.iv. Residuos voluminosos	2.989,1	4.766,7	6.223,1	7.296,5	7.895,8	9.033,1	10.948,2	11.261,3	11.637,9	11.955,2	12.360,2
5.A.3. Sitios no categorizados de eliminación de residuos	**92,9**	**132,9**	**163,4**	**187,7**	**215,2**	**298,1**	**240,7**	**238,1**	**231,2**	**251,5**	**270,0**
5.A.3.d Granel - Sin fracciones de residuos	92,9	132,9	163,4	187,7	215,2	298,1	240,7	238,1	231,2	251,5	270,0

Fuente: Elaboración propia.

Durante el 2024, Colombia dispuso un total de 12.149.386 toneladas de residuos sólidos, una cifra que explicó la magnitud de la categoría 5.A. Eliminación de residuos, la cual generó 12.630,2 kt CO_2eq. Esta relación estrecha se observó principalmente en la subcategoría de sitios gestionados (5.A.1), responsable de 12.360,2 kt CO_2eq, lo cual se sustentó técnicamente en que el 96,7 % de la masa total de residuos del país (11,7 millones de toneladas) es depositada en rellenos sanitarios (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2025d). Este modelo de gestión, aunque adecuado sanitariamente, fomentó las condiciones anaeróbicas que disparan la producción de metano, gas que domina el 91,6 % del perfil sectorial (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2025d).

La concentración de las emisiones también respondió a la dinámica demográfica capturada en el reporte operativo, donde se evidenció que apenas ocho municipios con gran población concentraron el 42,4 % de la disposición nacional. Destaca el caso de Bogotá D.C., que por sí sola aportó el 18,9 % de los residuos dispuestos en el país (2,3 millones de toneladas), consolidándose como el principal foco geográfico de generación de emisiones en esta categoría(Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2025d).

Por otro lado, la subcategoría de sitios no categorizados (5.A.3) registró 270,0 kt CO_2eq en 2024, reflejando la persistencia de 72 botaderos a cielo abierto que aún operaban en el territorio nacional, principalmente en zonas con brechas críticas de saneamiento como Chocó y Bolívar (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2025c).

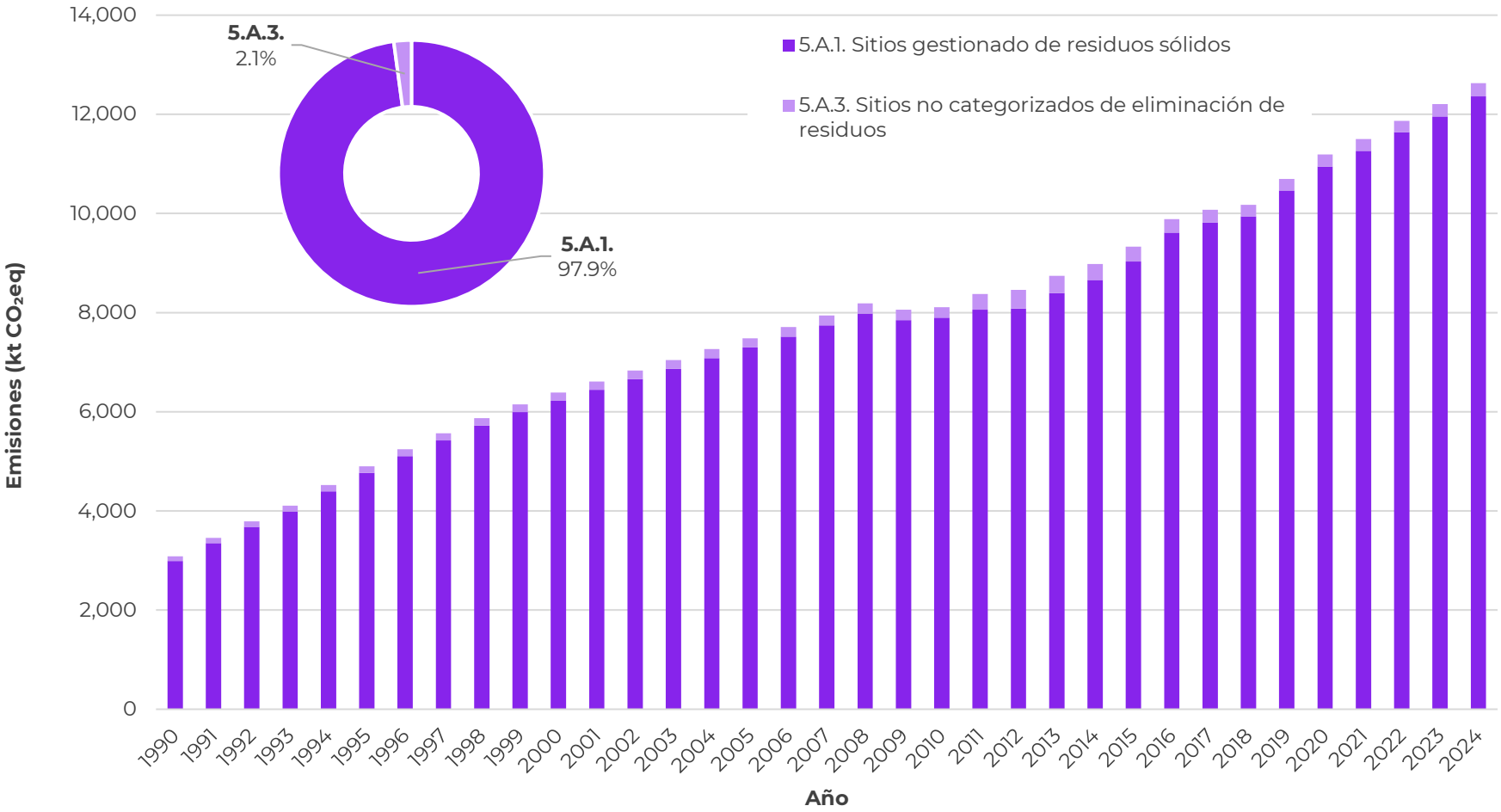


Figura 7-6. Disposición de residuos sólidos: Emisiones totales de GEI por subcategoría (kt CO_2eq), 1990-2024

En la categoría de eliminación de residuos sólidos (5.A), el perfil de emisiones (Tabla 7-7 y Figura 7-6) estuvo representado en su totalidad por el metano (CH_4). En esta categoría, las emisiones de dióxido de carbono (CO_2) no se estimaron debido a que su origen es enteramente biogénico, derivado de la descomposición de materiales como restos de alimentos, papel y madera. De acuerdo con el IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006b), estas emisiones se consideran climáticamente neutras dentro del sector Residuos, ya que su flujo neto de carbono es capturado y contabilizado en el sector de Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra (AFOLU), evitando así una doble contabilidad en el inventario nacional. Por esta razón, el CO_2 para la categoría 5.A se reporta bajo la clave de notación NA (No Aplica).

Respecto al óxido nitroso (N_2O), las directrices internacionales (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006b), establecen que las emisiones producidas en los sitios de disposición de desechos sólidos no son significativas, por lo cual no se proporciona una metodología estandarizada para su cuantificación en esta fuente específica. En consecuencia, el inventario se centró exclusivamente en el metano (CH_4), el cual se generó como resultado de la descomposición de la materia orgánica bajo las condiciones anaeróbicas predominantes en los rellenos sanitarios gestionados, celdas y botaderos.

Tabla 7-7. Disposición de residuos sólidos: Emisiones totales de GEI (kt CO_2eq)

GEI	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
CH_4	3.082,0	4.899,7	6.386,5	7.484,2	8.111,0	9.331,3	11.189,0	11.499,4	11.869,1	12.206,7	12.630,2
CO_2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
N_2O	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Total	**3.082,0**	**4.899,7**	**6.386,5**	**7.484,2**	**8.111,0**	**9.331,3**	**11.189,0**	**11.499,4**	**11.869,1**	**12.206,7**	**12.630,2**

Fuente: Elaboración propia

Según la serie histórica presentada en la Figura 7-7 las emisiones presentaron un crecimiento constante y marcado de las emisiones de metano, pasando de 3.082,0 kt CO_2eq en 1990 a 12.630,2 kt CO_2eq en 2024, lo que equivale a un incremento acumulado del 309,8 %. Este comportamiento reflejó la evolución de la gestión de residuos en el país, donde el aumento sostenido en la generación de desechos, impulsado por el crecimiento demográfico y económico, ha sido absorbido mayoritariamente por la infraestructura de disposición final.

Técnicamente, la trayectoria ascendente de las emisiones de metano se explica por la transición nacional hacia el uso predominante de rellenos sanitarios gestionados (5.A.1), los cuales, si bien representaron una mejora en términos de control sanitario y ambiental frente a los botaderos, fomentaron las condiciones de descomposición anaeróbica que maximizan la producción de este gas. Esta realidad operativa se confirmó con los datos del cierre de la vigencia 2024, que indicaron que el 96,7 % de las toneladas de residuos sólidos del país se dispusieron actualmente en rellenos sanitarios (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2025d), consolidando a esta categoría como la fuente más crítica de metano dentro del sector residuos.

En el periodo más reciente, comprendido entre 2020 y 2024, la tendencia se ha mantenido al alza de forma ininterrumpida, registrando un aumento del 12,9 % en los cuatro años.

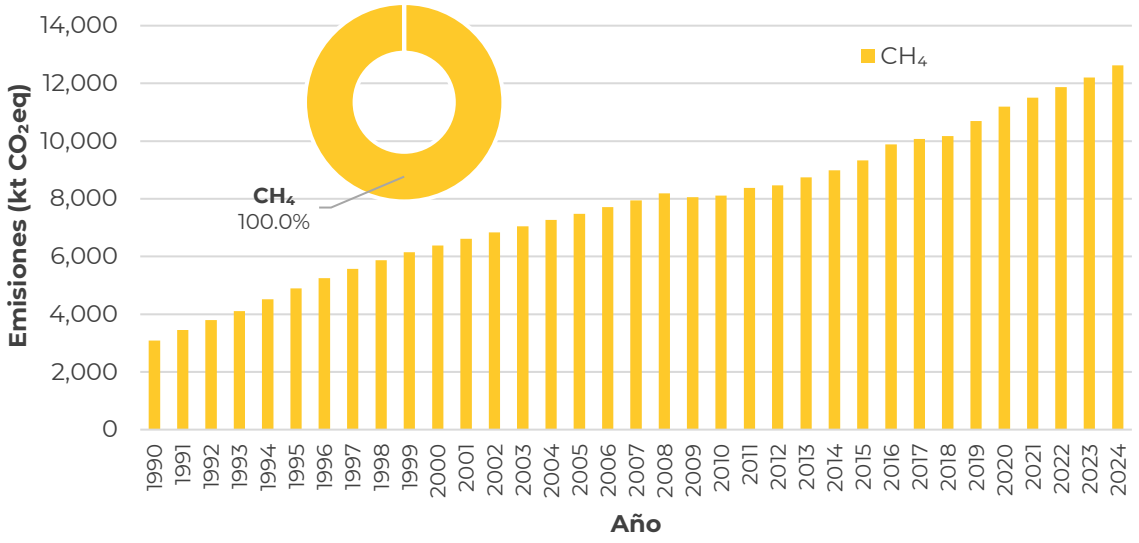


Figura 7-7. Disposición de residuos sólidos: Emisiones totales de GEI (kt CO_2eq), 1990-2024

Fuente: Elaboración propia

En la categoría de disposición de residuos sólidos (5.A), los contaminantes criterio (Tabla 7-8 y Figura 7-8) presentaron una tendencia de crecimiento constante y sostenido entre 1990 y 2024, comportamiento que respondió directamente al aumento en el volumen de desechos dispuestos en el país, el cual alcanzó los 12,1 millones de toneladas en el último año de la serie. De acuerdo con el balance actualizado, los compuestos orgánicos volátiles diferentes al metano (COVDM) se consolidaron como el contaminante de mayor relevancia en masa para esta fuente, registrando un incremento del 123,4 % al pasar de 0,009 kt en el inicio del periodo a 0,021 kt en la vigencia de cierre. Este perfil fue consistente con la metodología internacional EMEP/EEA 2019, la cual identifica a los COVDM como el principal precursor gaseoso liberado en los sitios de disposición final debido a la naturaleza orgánica de los residuos y los procesos de degradación asociados (European Environment Agency (EEA), 2019).

Por su parte, el material particulado (PM_{10} y $PM_{2.5}$) mostró valores en escalas de magnitud muy bajas, situándose en el rango de las millonésimas de kilotonelada, pero reflejando el mismo patrón ascendente de la actividad sectorial. El PM_{10} evolucionó de 1,3E-06 kt a 2,8E-06 kt, mientras que el $PM_{2.5}$ pasó de 1,9E-07 kt a 4,3E-07kt durante las tres décadas analizadas. Es fundamental precisar que, para la categoría 5.A, no se registraron emisiones de carbono negro (CN) ni de monóxido de carbono (CO), ya que las guías técnicas internacionales clasifican estas sustancias como no aplicables o carentes de factores de emisión por defecto para esta fuente específica (European Environment Agency (EEA), 2019), concentrando la carga contaminante atmosférica exclusivamente en los compuestos orgánicos y las partículas generadas por el manejo físico de los desechos en los sitios de disposición.

Esta trayectoria de los contaminantes criterio evidenció que, aunque su impacto en masa fue marginal frente a los gases de efecto invernadero del sector, su evolución fue un indicador directo de la presión sobre la infraestructura sanitaria nacional. El crecimiento de estas emisiones se vincula estrechamente a la consolidación del modelo de disposición en rellenos sanitarios gestionados, donde el aumento de la población y los cambios en los patrones de consumo urbano han multiplicado la entrada de materiales al sistema, definiendo así el comportamiento histórico de los precursores atmosféricos en el balance de residuos del país (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2025d).

Tabla 7-8. Disposición de residuos sólidos: Emisiones totales carbono negro y contaminantes criterio (kt)

Precursor	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
5.A.1. Sitios gestionados de residuos sólidos											
COVDM	9,2E-03	1,1E-02	1,1E-02	1,3E-02	1,4E-02	1,7E-02	1,9E-02	2,0E-02	2,0E-02	2,0E-02	2,0E-02
PM_{10}	1,3E-06	1,5E-06	1,6E-06	1,8E-06	1,9E-06	2,4E-06	2,7E-06	2,8E-06	2,8E-06	2,8E-06	2,8E-06
$PM_{2.5}$	1,9E-07	2,2E-07	2,4E-07	2,7E-07	2,9E-07	3,5E-07	4,1E-07	4,2E-07	4,2E-07	4,2E-07	4,3E-07
NO_x	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
CO	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
5.A.3. Sitios no categorizados de eliminación de residuos											
COVDM	2,0E-04	2,3E-04	2,4E-04	2,7E-04	9,4E-04	1,6E-04	2,3E-04	2,0E-04	3,4E-04	3,6E-04	3,9E-04
PM_{10}	2,8E-08	3,2E-08	3,4E-08	3,8E-08	1,3E-07	2,2E-08	3,2E-08	2,7E-08	4,7E-08	5,0E-08	5,5E-08
$PM_{2.5}$	4,2E-09	4,8E-09	5,2E-09	5,7E-09	2,0E-08	3,3E-09	4,9E-09	4,1E-09	7,1E-09	7,6E-09	8,3E-09
NO_x	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
CO	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

Fuente: Elaboración propia

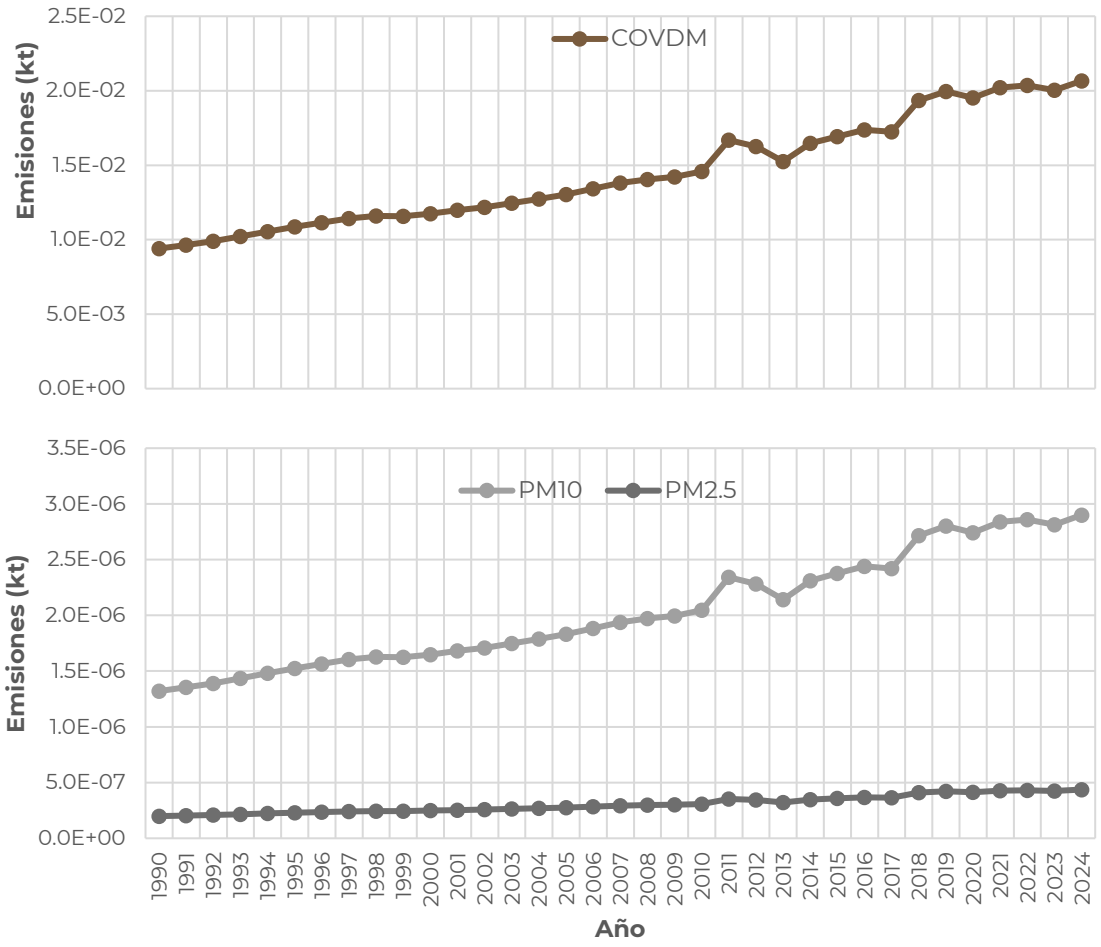


Figura 7-8. Disposición de residuos sólidos: Emisiones totales carbono negro y contaminantes criterio (kt), 1990-2024

Fuente: Elaboración propia

7.2.2 Aspectos metodológicos de la categoría

Las emisiones de metano (CH_4) provenientes de la disposición de residuos sólidos (tanto en sitios gestionados como en sitios no categorizados) fueron estimadas mediante la implementación del método de Descomposición de Primer Orden (First Order Decay, FOD), siguiendo los lineamientos y ecuaciones establecidos en las Directrices del IPCC 2006 (Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2006a).

El método FOD asume que el carbono orgánico degradable contenido en los residuos se descompone gradualmente a lo largo del tiempo siguiendo una cinética exponencial de primer orden. En consecuencia, las emisiones generadas en un año determinado dependen no solo de los residuos depositados durante ese año, sino también de aquellos dispuestos en años anteriores que continúan degradándose. La estimación desarrollada para Colombia correspondió a una aproximación equivalente a Tier 2, dado que incorporó información específica de generación anual de residuos por sitio de disposición, composición de residuos, valores diferenciados de carbono orgánico degradable (DOC), constantes de degradación específicas para cada tipo de residuo, información nacional sobre recuperación de biogás y cálculos realizados de manera individual para cada sitio de disposición.

La implementación fue desarrollada en lenguaje R mediante una estructura de cálculo que aplica las ecuaciones del método FOD para cada uno de los sitios de disposición final reportados en el país. El procedimiento utilizó como información de entrada las cantidades anuales de residuos dispuestos a nivel de sitio de disposición y los parámetros asociados tanto a la composición de residuos (estimada a partir de información departamental) como a las condiciones de degradación. De manera general, el sistema ejecutó las siguientes etapas: lectura de datos de actividad y parámetros, asignación de la composición de residuos, ejecución del modelo FOD para cada fracción de residuo, cálculo del metano generado, descuento del metano recuperado y agregación espacial de resultados.

En una primera etapa, la masa anual de residuos dispuestos se distribuyó entre las diferentes fracciones consideradas en el modelo: residuos alimentarios, residuos de jardinería, papel y cartón, madera, textiles, pañales desechables y residuos industriales. Para cada una de estas fracciones se emplearon valores específicos de carbono orgánico degradable (DOC), fracción de carbono degradable (DOC_f) y constante de degradación (k).

Posteriormente, para cada fracción se calculó la masa de carbono orgánico degradable depositado ($DDOC_m$), de acuerdo con la ecuación V5, Ch3, Ec. 3.2. A partir de esta cantidad, el algoritmo realizó el seguimiento anual de la acumulación y descomposición del carbono orgánico degradable mediante la aplicación de las ecuaciones V5, Ch3, Ec. 3.4 y V5, Ch3, Ec. 3.5. Este procedimiento permitió representar la degradación progresiva del material orgánico depositado y cuantificar su contribución a la generación de metano durante cada año del período de análisis.

La cantidad anual de CH_4 generada se calculó mediante la ecuación V5, Ch3, Ec. 3.6 para cada una de las fracciones consideradas. Posteriormente, las emisiones generadas por todas las fracciones fueron agregadas para obtener la generación total de metano correspondiente a cada sitio de disposición. Cuando existió recuperación de biogás, la información reportada se incorporó explícitamente al cálculo de las emisiones. El volumen anual recuperado se distribuyó entre las diferentes fracciones de residuos en proporción a su contribución relativa a la generación total de CH_4 estimada por el modelo. Finalmente, las emisiones se obtuvieron aplicando la ecuación V5, Ch3, Ec. 3.1, mediante el descuento del metano recuperado respecto de la generación total estimada.

El procesamiento se realizó individualmente para cada municipio receptor identificado en la base de datos, conservando los resultados intermedios asociados a las variables de degradación del modelo. Posteriormente, los resultados fueron consolidados para generar las estimaciones reportadas a nivel municipal, departamental, regional y nacional. Adicionalmente, la implementación generó variables de control derivadas del seguimiento de las existencias de carbono orgánico degradable y de su degradación anual, las cuales fueron utilizadas en los procedimientos de verificación y aseguramiento de la calidad de las estimaciones.

Por su parte, la estimación de los contaminantes criterio (COVDM, PM_{10}, $PM_{2.5}$) se realizó bajo un enfoque Tier 1 siguiendo la Guía EMEP/EEA 2019 (European Environment Agency (EEA), 2019b). A diferencia del metano, estos contaminantes se calcularon mediante una relación lineal simple entre la tasa de actividad anual y factores de emisión por defecto, asociados principalmente al manejo físico de los desechos y a la volatilización de compuestos orgánicos.

A continuación, en la Tabla 7-9 se presentan los niveles metodológicos adoptados y las ecuaciones fundamentales utilizadas para la estimación de emisiones de gases de efecto invernadero y contaminantes criterio en la categoría 5.A. Eliminación de residuos sólidos.

Tabla 7-9. Disposición de residuos sólidos: Aspectos metodológicos

Subcategoría	Contaminante	Nivel (Tier)	No. Ecuación	Ecuación	Fuente
5.A.1 Sitios gestionados de residuos sólidos 5.A.3. Sitios no categorizados de eliminación de residuos	CH_4	2	V5 Ch3 Ec. 3.1 V5 Ch3 Ec. 3.2 V5 Ch3 Ec. 3.4 V5 Ch3 Ec. 3.5 V5 Ch3 Ec. 3.6	$$\boldsymbol{Emisiones\ de\ CH_4} = (\sum \mathrm{CH_4}\ \boldsymbol{generado_{T,x}} - \boldsymbol{RT}) * (\boldsymbol{1 - OX_T})$$ Donde: $\boldsymbol{Emisiones\ de\ CH_4}$ = CH_4 emitido durante el año T, Kt $\boldsymbol{T}$ = año del inventario $\boldsymbol{x}$ = categoría o tipo de desecho y/o material $\boldsymbol{RT}$ = CH_4 recuperado durante el año T, Kt $\boldsymbol{OX_T}$ = factor de oxidación durante el año T, (fracción) $$\boldsymbol{DDOCm} = \boldsymbol{W} * \boldsymbol{DOC} * \boldsymbol{DOCf} * \boldsymbol{MCF}$$ Donde: $\boldsymbol{DDOCm}$ = masa del DDOC depositado, Kt $\boldsymbol{W}$ = masa de los desechos depositados, Kt DOC = carbono orgánico degradable durante el año de deposición, fracción, Kt de C/Kt de desechos DOCf = fracción del DDOC que puede descomponerse (fracción) MCF = Factor de corrección de CH_4 para la descomposición aeróbica durante el año de deposición (fracción) $$\boldsymbol{DDOC_{maT}} = \boldsymbol{DDOC_{mdT}} + (\boldsymbol{DDOC_{maT}} - \boldsymbol{1} * \boldsymbol{e^{-k}})$$ Donde: $\boldsymbol{T}$ = año del inventario $\boldsymbol{DDOC_{maT}}$ = DDOCm acumulado en los SEDS al final del año T, Kt $\boldsymbol{DDOC_{maT} - 1}$ = DDOCm acumulado en los SEDS al final del año (T-1), Kt $\boldsymbol{k}$ = constante de reacción, $\boldsymbol{k}$ = ln(2)/t1/2 (años -1) t1/2 = vida media (años) $\boldsymbol{DDOC_{mdT}}$ = DDOCm depositado en los SEDS durante el año T, Kt $$\boldsymbol{DDOC_m\ descomp_T} = \boldsymbol{DDCO_{maT}} - \boldsymbol{1} * (\boldsymbol{1 - e^{-k}})$$ Donde: $\boldsymbol{DDOC_m\ descomp_T}$ = DDOCm descompuesto en los SEDS durante el año T, Kt $\boldsymbol{DDCO_{maT}}$= DDOCm acumulado en los SEDS al final del año T, Kt $\boldsymbol{k}$ = constante de reacción, $\boldsymbol{k}$ = ln(2)/t1/2 (años -1) t1/2 = vida media (años) $$\boldsymbol{CH_4\ generado_T} = \boldsymbol{DDOC_m\ descomp_T} * \boldsymbol{F} * \boldsymbol{16/12}$$ Donde: $\boldsymbol{CH_4\ generado_T}$ = cantidad CH_4 generado a partir del material en descomposición $\boldsymbol{DDOC_m\ descomp_T}$= CH_4 descompuesto durante el año T, Kt $\boldsymbol{F}$ = fracción volumétrica de CH_4 en el gas de vertedero generado (fracción) $\boldsymbol{16/12}$ = cociente de pesos moleculares CH_4/C (cociente)	IPCC, 2006
	COVDM, **PM_{10}**, **$PM_{2.5}$**	1	Parte B Ch5.A. Ec.1	$$\boldsymbol{E_{contaminante}} = \boldsymbol{TA} \times \boldsymbol{EF_{Contaminante}}$$ Donde: $\boldsymbol{E_{contaminante}}$ = emisión anual del contaminante (kt). $\boldsymbol{EF_{Contaminante}}$ = factor de emisión del contaminante. $\boldsymbol{TA}$ (Tasa de Actividad): Cantidad total anual de residuos sólidos dispuestos en tierra (en Mg o t)	EMEP/EEA, 2019

Fuente: Elaboración propia, a partir de IPCC, 2006 y EMEP/EEA, 2019.

7.2.2.1 Datos de actividad de la categoría

Los datos de actividad correspondieron a las cantidades anuales de residuos sólidos dispuestos en sitios de disposición final en Colombia. Para el presente ciclo de reporte se actualizaron los datos de actividad utilizados en la categoría 5.A. Eliminación de residuos sólidos mediante la incorporación de la operación estadística Información técnico-operativa del servicio de aseo: Estado de la Disposición Final en Colombia, desarrollada por la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD) y certificada por el DANE mediante la certificación No. 21-PE-020, en cumplimiento de la Norma Técnica NTC PE 1000:2020 (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD), 2025a).

La operación estadística "Estado de la Disposición Final en Colombia" incorporó procedimientos de tratamiento de brechas de información desarrollados por la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD). Para el período 2010–2014 se utilizaron múltiples fuentes de información, incluyendo reportes al Sistema Único de Información (SUI), requerimientos a prestadores, autoridades ambientales y alcaldías municipales, visitas técnicas de la Dirección Técnica de Gestión de Aseo (DTGA) y estimaciones basadas en población y producción per cápita de residuos. Para el período 2015–2017 la información provino principalmente de los reportes realizados al SUI por los prestadores del servicio. Desde 2018, además de la información reportada al SUI y las verificaciones realizadas mediante requerimientos y visitas técnicas, se aplicaron procedimientos estadísticos de imputación de datos faltantes mediante filtros de Kalman y modelos polinomiales de primer orden para completar las series históricas y garantizar cobertura nacional (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD), 2025b). Esta fuente permitió disponer de información con mayor nivel de validación estadística y mayor detalle espacial que el utilizado en ejercicios anteriores del inventario. En particular, los datos de actividad pasaron a gestionarse a nivel de sitio de disposición final, lo que mejoró la trazabilidad de los residuos dispuestos y fortaleció la clasificación de los sitios en las categorías 5.A.1 Sitios gestionados de residuos sólidos y 5.A.3 Sitios no categorizados de eliminación de residuos, utilizando la tipificación reportada en la operación estadística y reduciendo la necesidad de aplicar supuestos de clasificación.

Con el fin de disponer de una serie temporal consistente para la aplicación del modelo FOD, se construyó una base de datos continua para el período 1985–2024. Para los años 2010–2024 se utilizaron datos observados reportados por la SSPD, mientras que para el período 1985–2009 se desarrolló un ejercicio de retroproyección de los residuos dispuestos en sitios de disposición final, siguiendo el enfoque de reconstrucción de datos de actividad mediante variables proxy recomendado por las Directrices del IPCC cuando no se dispuso de información histórica completa.

Los datos de actividad relacionados con la composición de los residuos sólidos municipales fueron obtenidos del Colombia Landfill Gas Model v.1 desarrollado por SCS Engineers para el U.S. EPA Landfill Methane Outreach Program. El modelo incorporó composiciones por defecto diferenciadas a escala departamental para las distintas categorías de residuos, como orgánicos, papel y cartón, residuos de jardín, madera, textiles, plásticos, vidrio, metales, entre otros(United States Environmental Protection Agency (U.S. EPA), 2010a).

Dado que no se dispuso de información histórica suficiente para construir series temporales de composición de residuos sólidos en Colombia, se asumió una composición constante en el tiempo para cada departamento durante todo el período de análisis. En consecuencia, las variaciones anuales de las emisiones responden a cambios en las cantidades de residuos gestionados y no a cambios en la composición de los residuos. La desagregación espacial de la composición se mantuvo a nivel departamental, de acuerdo con los valores por defecto incluidos en el modelo.

Los datos de actividad correspondientes a la recuperación de biogás en rellenos sanitarios se obtuvieron a partir de información suministrada por la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD), a través del a través del Sistema Único de Información (SUI), los operadores de los sitios de disposición final y los proyectos registrados bajo el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). La información disponible no presentó continuidad temporal para la totalidad de los sitios de disposición final, debido a vacíos y limitaciones en la disponibilidad de información reportada a nivel nacional.

Para el período 2022–2024, se realizó un empalme en la serie de recuperación de biogás del relleno sanitario Doña Juana, sitio de disposición final de los residuos generados en Bogotá D.C., con el fin de completar los años para los cuales no se dispuso de información reportada. Este relleno sanitario fue seleccionado debido a su alta representatividad en la recuperación nacional de biogás y a que presentó la serie histórica más completa y consistente entre las instalaciones con sistemas de recuperación en operación.

La Tabla 7-10 presenta las fuentes de información de los datos de actividad utilizados en la categoría 5.A. Eliminación de residuos sólidos, incluyendo los periodos de cobertura, las fuentes de información y las consideraciones metodológicas asociadas, tales como la aplicación de técnicas de empalme y recálculo de las series temporales.

Tabla 7-10. Disposición de residuos sólidos: Fuente de información de datos de actividad

Dato de actividad	Período	Fuente	Observación
5.A.1 Sitios gestionados de residuos sólidos			
Residuos sólidos municipales dispuestos en rellenos sanitarios, celdas de contingencia, celdas transitorias, plantas de tratamiento y plantas integrales	1985–2009	Técnica de empalme: Retroproyección de residuos dispuestos a sitios de disposición final a partir de registros SSPD, población municipal DANE y PIB per cápita DANE.	La serie fue reconstruida mediante técnicas de retroproyección utilizando población municipal y PIB per cápita como variables proxy. Los residuos estimados fueron asignados a los sitios de disposición mediante factores de distribución (shares) derivados de la configuración observada durante el período 2010–2024.
	2010–2024	SSPD – Operación estadística "Información técnico-operativa del servicio de aseo: Estado de la Disposición Final en Colombia"	Corresponde a datos observados de residuos dispuestos reportados por los prestadores del servicio de aseo validados por la SSPD a través de un proceso certificado de calidad estadística. La información fue homologada, depurada y agregada al nivel sitio de disposición–año.
Recuperación de biogás rellenos sanitarios	2009–2024	SSPD – SUI (Aseo, Reporte técnico) SSPD – operadores de rellenos sanitarios CMNUCC (MDL)	Información obtenida de registros operativos de la SSPD, SUI y operadores de rellenos sanitarios, complementada con datos de proyectos de aprovechamiento de biogás registrados en el marco del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL).
	2022–2024	Técnica de empalme: SSPD – SUI (Aseo, Reporte técnico), SSPD – operadores de rellenos sanitarios	Para años sin información completa, la serie para rellenos sanitarios más representativos (Doña Juana) se estimó mediante técnicas de empalme utilizando datos de años con información disponible de aprovechamiento de biogás en rellenos sanitarios.
Composición de residuos sólidos	2010	U.S. EPA – Landfill Methane Outreach Program (LMOP), Colombia Landfill Gas Model v.1	Composición de residuos basada en los factores por defecto del Colombia Landfill Gas Model v.1 a escala departamental. Se asumió una composición constante en el tiempo para cada departamento debido a la falta de información histórica sobre cambios en la composición de los residuos.
5.A.3 Sitios no categorizados de eliminación de residuos			
Residuos sólidos municipales dispuestos en botaderos a cielo abierto, botaderos y sitios de enterramiento	1985–2009	Técnica de empalme: retroproyección de residuos dispuestos a sitios de disposición final a partir de registros SSPD, población municipal DANE y PIB per cápita DANE.	La serie fue reconstruida mediante técnicas de retroproyección utilizando población municipal y PIB per cápita como variables proxy. La asignación de residuos a sitios se realizó empleando factores de distribución construidos a partir de la información observada de disposición final.
	2010–2024	SSPD – Operación estadística "Información técnico-operativa del servicio de aseo: Estado de la Disposición Final en Colombia"	Corresponde a datos observados de disposición final reportados por la SSPD. Los datos fueron homologados y agregados al nivel sitio de disposición–año para garantizar consistencia territorial y conservación de masa.
Composición de residuos sólidos	2010	U.S. EPA – Landfill Methane Outreach Program (LMOP), Colombia Landfill Gas Model v.1	Composición de residuos basada en los factores por defecto del Colombia Landfill Gas Model v.1 a escala departamental. Se asumió una composición constante en el tiempo para cada departamento debido a la falta de información histórica sobre cambios en la composición de los residuos.

Nota: SSPD: Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios; SUI: Sistema Único de Información DANE: Departamento Administrativo Nacional de Estadística.
Fuente: Elaboración propia.

Para la reconstrucción de la serie histórica de residuos dispuestos correspondiente al período previo a la disponibilidad de información observada, se aplicaron técnicas de empalme conforme a la orientación del Capítulo 5 de las Directrices del IPCC (2006) sobre coherencia de la serie temporal, mediante el uso de variables proxy oficiales asociadas a la dinámica demográfica y económica del país. La información de población se obtuvo a partir de las Proyecciones y Retroproyecciones de Población Municipal del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), construidas con base en los resultados del Censo Nacional de Población y Vivienda de 2018 (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2023a), empleando la población total municipal como variable representativa de la generación potencial de residuos.

Complementariamente, se incorporó información económica proveniente de las Cuentas Nacionales del DANE, utilizando la serie histórica del Producto Interno Bruto (PIB) base 2015 para el período 1975–2013, (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2024a). Estas variables fueron utilizadas para desarrollar la retroproyección de los residuos dispuestos mediante la estimación de una generación per cápita base ajustada por la evolución del ingreso, garantizando la consistencia temporal de los datos de actividad utilizados en la categoría 5.A. Eliminación de residuos sólidos.

El procedimiento de empalme estimó una generación per cápita base para cada municipio y posteriormente ajustó los valores históricos mediante un factor asociado a la evolución del ingreso real per cápita, aplicando una elasticidad ingreso–residuos de 0,30. De esta manera se obtuvo una serie consistente de residuos dispuestos para el período previo al inicio de los registros observados.

Posteriormente, los residuos estimados y observados fueron asignados a sitios de disposición final mediante factores de distribución (shares) derivados de la configuración territorial observada durante el período 2010–2024. Estos factores representaron la proporción de residuos de un municipio que se dispuso en cada sitio receptor. Cuando la información municipal disponible no permitía determinar la asignación directa, se utilizaron factores de distribución calculados a escala departamental. El procedimiento fue diseñado para garantizar cobertura completa de la serie y conservación de la masa de residuos durante todo el período analizado.

La unidad de análisis final utilizada en el inventario correspondió a la combinación sitio de disposición–año, en concordancia con los requerimientos metodológicos del IPCC para la categoría de eliminación de residuos sólidos. Debido a que los registros de la SSPD se encontraron originalmente estructurados a nivel de sitio, año y municipio atendido, fue necesario realizar un proceso de agregación mediante el cual se consolidaron los residuos recibidos por un mismo sitio durante cada año, independientemente del número de municipios que atendía. Este procedimiento eliminó duplicidades asociadas a municipios atendidos y permitió obtener una única observación por sitio de disposición y año.

La asignación territorial de los datos se realizó utilizando el municipio de ubicación del sitio de disposición final, dado que las emisiones se contabilizaron en el lugar donde ocurrió físicamente el proceso de degradación de los residuos. Para ello se homologaron identificadores únicos de sitio, se verificó la estabilidad territorial de cada instalación durante toda la serie histórica y se incorporó la regionalización oficial utilizada por el inventario nacional.

Adicionalmente, se aplicaron restricciones temporales asociadas al inicio de operación de los sitios de disposición. Cuando se disponía de una fecha oficial de inicio, esta se utilizó como restricción estricta para evitar asignaciones de residuos anteriores a la existencia de la instalación. En ausencia de dicha información, se utilizó como referencia el primer año de reporte observado en la SSPD, permitiendo una ventana de cinco años para evitar sesgos derivados de posibles retrasos en la incorporación de los sitios al sistema de reporte. Posteriormente, los residuos fueron redistribuidos entre los sitios habilitados para garantizar la conservación de masa en cada año de la serie.

Finalmente, los sitios de disposición fueron clasificados de acuerdo con las categorías reportadas por la SSPD y homologados a las subcategorías del IPCC. Los rellenos sanitarios, celdas transitorias, celdas de contingencia y otras instalaciones gestionadas fueron asignados a la subcategoría 5.A.1 Sitios gestionados de residuos sólidos, mientras que los botaderos a cielo abierto, botaderos y sitios de enterramiento fueron asignados a la subcategoría 5.A.3 Sitios no categorizados de eliminación de residuos.

Es importante señalar que, aunque los datos de actividad son procesados y las emisiones son estimadas a nivel de sitio de disposición final, la compilación y reporte de resultados dentro del Sistema Nacional de Inventarios de Gases de Efecto Invernadero (SINGEI) se realizó mediante procesos de agregación territorial posteriores. De esta manera, las emisiones calculadas individualmente para cada sitio fueron consolidadas a nivel municipal, departamental, regional y nacional, garantizando simultáneamente la trazabilidad del cálculo y la consistencia con los niveles de desagregación utilizados en los reportes oficiales del inventario.

Como parte del aseguramiento de la calidad, se verificó la cobertura completa de la serie temporal, la integridad de los identificadores de sitio, la estabilidad territorial de las instalaciones y la conservación de masa durante los procesos de retroproyección, asignación y agregación. Las verificaciones realizadas confirmaron la ausencia de duplicados reales a nivel de sitio-año y la consistencia de los datos de actividad utilizados en la estimación de emisiones de la categoría 5.A. En la Tabla 7-11 se presentan los datos de actividad de la categoría 5.A. Eliminación de residuos sólidos.

Tabla 7-11. Disposición de residuos sólidos: datos de actividad por fuente de GEI, carbono negro y contaminantes criterio.

Año	5.A.1 Sitios gestionados de residuos sólidos						5.A.3 Sitios no categorizados de eliminación de residuos			5.A. Eliminación de residuos sólidos
	Celda de contingencia	Celda transitoria	Planta de tratamiento	Planta integral	Relleno sanitario	Generación total	Botadero a cielo abierto	Enterramiento	Generación total	Generación total
	kt	kt	kt	kt	kt	kt	kt	kt	kt	kt
1990	72,7	42,5	2,8	33,0	5.369,5	***5.520,6***	120,3	6,0	***126,3***	***5.647,0***
1991	74,5	43,3	2,8	34,0	5.505,7	***5.660,3***	122,6	6,1	***128,7***	***5.789,1***
1992	76,5	44,2	2,9	35,0	5.654,4	***5.812,9***	125,2	6,2	***131,4***	***5.944,4***
1993	79,4	45,4	3,1	36,2	5.842,9	***6.007,0***	129,1	6,5	***135,6***	***6.142,5***
1994	82,2	45,6	3,2	37,4	6.030,1	***6.198,6***	132,5	6,6	***139,1***	***6.337,7***
1995	84,5	46,6	3,3	38,6	6.208,1	***6.381,0***	137,2	6,8	***144,0***	***6.525,1***
1996	85,9	47,0	3,3	39,8	6.372,5	***6.548,6***	142,0	6,9	***148,9***	***6.697,5***
1997	88,4	48,0	3,3	40,8	6.532,6	***6.713,0***	143,6	7,1	***150,7***	***6.863,7***
1998	89,8	48,4	3,4	41,5	6.629,8	***6.812,8***	145,5	7,1	***152,7***	***6.965,5***
1999	89,3	48,0	3,3	41,6	6.624,0	***6.806,2***	145,1	6,8	***151,9***	***6.958,1***
2000	90,3	48,2	3,4	42,5	6.718,9	***6.903,3***	148,1	6,9	***155,0***	***7.058,4***
2001	91,9	48,9	3,4	43,5	6.858,0	***7.045,8***	150,9	7,0	***157,8***	***7.203,6***
2002	93,2	49,3	3,5	44,4	6.972,1	***7.162,6***	153,5	7,0	***160,6***	***7.323,2***
2003	95,2	50,1	3,6	45,7	7.138,1	***7.332,7***	157,0	7,2	***164,2***	***7.496,8***
2004	97,0	50,9	3,6	47,0	7.298,6	***7.497,1***	160,4	7,3	***167,7***	***7.664,8***
2005	99,0	51,7	3,7	48,3	7.471,7	***7.674,5***	164,2	7,4	***171,6***	***7.846,1***
2006	101,8	52,9	3,8	50,0	7.690,7	***7.899,1***	169,0	7,6	***176,6***	***8.075,7***
2007	104,6	54,2	4,0	51,7	7.912,4	***8.126,8***	173,9	7,8	***181,7***	***8.308,5***
2008	106,5	55,0	4,0	52,9	8.055,2	***8.273,6***	177,2	7,9	***185,2***	***8.458,8***
2009	107,8	55,4	4,1	53,8	8.150,9	***8.372,1***	179,4	8,0	***187,4***	***8.559,5***
2010	9,0	0,8	NO	67,8	8.305,5	***8.383,1***	518,2	64,0	***582,1***	***8.965,3***
2011	14,9	14,1	NO	35,0	9.083,7	***9.147,8***	495,1	30,3	***525,4***	***9.673,2***
2012	412,0	411,9	NO	13,7	8.641,3	***9.478,9***	266,1	NO	***266,1***	***9.745,0***
2013	381,1	275,2	NO	31,8	8.228,9	***8.917,0***	215,1	NO	***215,1***	***9.132,1***
2014	39,7	208,3	NO	33,2	9.387,0	***9.668,2***	168,9	1,0	***169,8***	***9.838,0***
2015	99,6	103,2	30,7	NO	10.088,6	***10.322,0***	99,8	0,1	***99,9***	***10.421,9***
2016	125,2	135,4	18,8	NO	10.457,2	***10.736,6***	106,2	15,5	***121,7***	***10.858,3***
2017	64,1	77,5	14,5	NO	10.562,2	***10.718,3***	113,9	9,3	***123,2***	***10.841,5***
2018	194,1	24,9	11,7	NO	11.004,6	***11.235,3***	168,4	NO	***168,4***	***11.403,7***
2019	214,5	27,8	14,4	NO	11.359,4	***11.616,0***	173,5	NO	***173,5***	***11.789,4***
2020	216,5	26,3	NO	NO	11.212,8	***11.455,6***	145,3	NO	***145,3***	***11.600,8***
2021	189,4	26,5	NO	NO	11.611,9	***11.827,8***	124,6	NO	***124,6***	***11.952,4***
2022	163,8	23,2	NO	NO	11.585,2	***11.772,2***	211,5	NO	***211,5***	***11.983,7***
2023	139,0	25,2	NO	NO	11.413,5	***11.577,7***	225,7	NO	***225,7***	***11.803,4***
2024	138,5	17,9	NO	NO	11.742,2	***11.898,5***	250,8	NO	***250,8***	***12.149,4***

Fuente: Elaboración propia.

7.2.2.2 Factores de emisión aplicados en la categoría

La estimación de las emisiones en la categoría 5.A se basó en la integración de parámetros técnicos que reflejaron las condiciones cinéticas de degradación de los residuos y las características operativas de los sitios de disposición final. Mientras que para el metano (CH_4) se empleó un enfoque Tier 2 con variables específicas por tipo de residuo, para los contaminantes criterio se aplicaron factores de emisión por defecto bajo un nivel Tier 1.

La implementación del modelo de Descomposición de Primer Orden (FOD) para la estimación de las emisiones de metano (CH_4) en los sitios gestionados (5.A.1) y no categorizados (5.A.3) se fortaleció mediante la automatización en lenguaje R, lo que permitió procesar de forma independiente cada corriente de residuos por sitio específico. Las mejoras sustanciales para el BTR2 incluyeron la incorporación de los años de inicio operativo real (1980-2019) obtenidos de la SSPD (2025) y una composición de residuos regionalizada por departamento basada en la Global Methane Initiative (United States Environmental Protection Agency (U.S. EPA), 2010). Los parámetros fundamentales utilizados en el cálculo se describen a continuación:

Fracción de DOC disimilado (DOC_f): Representa la fracción de carbono orgánico que se descompone y se libera en forma de emisiones; en general, se asume un valor por defecto de 0,5, lo que indica que la mitad del carbono orgánico degradable se convierte realmente en gas de vertedero bajo condiciones anaeróbicas.

Parámetros transversales: Se aplicó un tiempo de retardo de 6 meses, una fracción de metano (F) de 0,5 en el gas generado y un factor de oxidación (OX) de 0, asumiendo que la oxidación superficial no es significativa para la escala del inventario nacional en estas subcategorías.

Recuperación de Metano (R): Para el ciclo BTR2, Colombia incorporó explícitamente la recuperación o sustracción de metano (R) en la subcategoría 5.A.1, permitiendo descontar del potencial de generación estimado los volúmenes de biogás capturados. Este avance metodológico se fundamentó en la Ecuación 3.1 de las Directrices 2006 del IPCC y cubrió el período 2009–2024 mediante la integración de registros técnicos de la SSPD (SUI), reportes de operadores y datos de proyectos MDL. Para el relleno sanitario Doña Juana, principal sitio de disposición final del país con esta práctica, se aplicaron técnicas de empalme para completar los vacíos de información identificados entre 2022 y 2024, estimando la recuperación de metano con base en su tendencia operativa histórica. El proceso se implementó mediante una herramienta automatizada en R, garantizando la trazabilidad de los cálculos para cada sitio que reportó esta práctica. Asimismo, se evitó la doble contabilización, reportando el biogás aprovechado como combustible biogénico en la categoría 1.A.4.a.i del sector Energía.

Parámetros cinéticos por tipo de residuo: Para garantizar la transparencia en el reporte de nivel Tier 2, se documentan los valores de Carbono Orgánico Degradable (DOC) y las constantes de descomposición (k), los cuales han sido adaptados a las zonas climáticas del país (templado seco, templado húmedo, tropical húmedo y tropical Seco). Estos parámetros son los pilares del modelo de Descomposición de Primer Orden (FOD), ya que determinan tanto la velocidad de generación de metano como el potencial máximo de emisión acumulada en los sitios de disposición.

Constante de descomposición (k): La cinética de degradación del Carbono Orgánico Degradable (DOC) en el modelo FOD se rige por la constante de reacción k, la cual define la tasa de generación de metano en el tiempo. Este valor es específico para cada tipo de material y varía según la zona climática donde se ubica el sitio de disposición final. Para este ciclo de inventario, los valores se han derivado de los rangos por defecto de las Directrices del IPCC de 2006, seleccionando el parámetro que mejor refleja las condiciones de humedad y temperatura locales. Los rangos aplicados en el procesamiento de datos oscilan entre 0,025 $año^{-1}$ para materiales de lenta degradación (madera y paja) y hasta 0,40 $año^{-1}$ para residuos de rápida descomposición (alimentos y lodos) en condiciones de humedad.

Vida media ($t_{1/2}$): Representa el tiempo requerido, expresado en años, para que la masa de carbono orgánico degradable (DOC_m) presente en los residuos se descomponga hasta alcanzar la mitad de su valor inicial. Este parámetro permite interpretar físicamente la velocidad con la que distintos materiales liberan metano a la atmósfera a lo largo de las décadas. En el modelo matemático, la vida media está intrínsecamente relacionada con la constante k mediante una relación inversamente proporcional regida por la ecuación $t_{1/2} = ln(2)/k$.

Bajo esta lógica técnica, un valor de k elevado (como 0,40 para alimentos en clima húmedo) resulta en una vida media corta de aproximadamente 1,7 años, lo que indica una degradación acelerada y un pico de emisión temprano. Por el contrario, un valor de k bajo (como 0,025 para madera) implica una vida media extensa de aproximadamente 27,7 años, reflejando una descomposición sumamente lenta que aporta al forzamiento climático del inventario durante varias décadas.

Carbono Orgánico Degradable (DOC): Representa la fracción de carbono en los desechos que es susceptible de descomposición bioquímica. Se utilizan valores por defecto del IPCC (2006) adaptados a la composición nacional, tales como 0,40 para papel y cartón, 0,43 para madera y paja, y 0,15 para residuos de alimentos e industriales (unidades en kt C/kt residuo).

Composición de residuos sólidos por tipo: Un aspecto metodológico distintivo en la arquitectura del inventario nacional es el tratamiento técnico de la caracterización de los desechos. Si bien la composición de los residuos

es intrínsecamente un atributo del dato de actividad, en el flujo de cálculo de Colombia estas fracciones operan como factores de ponderación. Esta resolución técnica se detalla en la Tabla 7-13, la cual presenta la composición regionalizada por departamento basada en los estudios de la Global Methane Initiative (United States Environmental Protection Agency (U.S. EPA), 2010b). La inclusión de esta variabilidad geográfica asegura que el modelo refleje con mayor fidelidad las particularidades del consumo y desecho en los diferentes territorios del país. Esta caracterización detallada por tipo de material (alimentos, papel, madera, entre otros) permite la asignación precisa de los parámetros de Carbono Orgánico Degradable (DOC) y las constantes de descomposición (k), garantizando la robustez del modelo FOD, aunque es preciso mencionar que estos factores de composición se aplican de manera constante a lo largo de la serie histórica.

Por su parte, con respecto a los contaminantes atmosféricos, el material particulado responde al manejo físico y descarga de los residuos sólidos municipales en los sitios de disposición. Se aplicaron los factores de emisión por defecto de la guía EMEP/EEA (European Environment Agency, 2019h) bajo un enfoque Tier 1, manteniéndose constantes para toda la serie histórica.

A diferencia del material particulado, los COVDM en sitios de disposición final se generan principalmente por la degradación bioquímica de la fracción orgánica y la volatilización de compuestos gaseosos atrapados en la masa de residuos. Siguiendo el enfoque Tier 1 de la Guía EMEP/EEA 2019, se aplicó un factor de emisión nacional de 1,56 kg/Mg (equivalente a 1.560 g/Mg).

De manera general, estos factores se aplicaron de manera transversal a la masa total de residuos dispuestos, tanto en sitios gestionados como no categorizados. Este enfoque aseguró la coherencia con los estándares internacionales de reporte de contaminantes atmosféricos y permitieron capturar el impacto del crecimiento en la masa total dispuesta, la cual alcanzó los 12,1 millones de toneladas en el último año de la serie.

A continuación, en la Tabla 7-12, se presentan los diferentes factores aplicados para la estimación de las emisiones de la categoría 5.A. Eliminación de residuos sólidos y en la Tabla 7-13 se presentan las fracciones de composición de residuos por tipo regionalizadas por departamento.

Tabla 7-12. Disposición de residuos sólidos: factores de emisión aplicados por fuente de GEI, carbono negro y contaminantes criterio

Subcategoría	Fuente FE	Nivel (Tier)	Clasif.	Cont	Valor	Unidad
5.A. Eliminación de residuos sólidos	IPCC, 2006 V.5 Ch.10	2	Fracción de metano en gas (F)	CH_4	5,0E-01	Fracción
		2	Fracción de DOC disimilado (DOC_f)	CH_4	5,0E-01	Fracción
		2	Factor de oxidación (OX)	CH_4	0,0	Adimensional
		2	Factor de conversión de C a CH_4 (16/12)	CH_4	1,3	Adimensional
		2	Año de inicio del sitio de disposición	CH_4	[1980 – 2019]	Año
		2	Tiempo de retardo	CH_4	6	Meses
		2	Almacenamiento de C (Papel/Cartón)	CH_4	0,0	Fracción
		2	Almacenamiento de C (Madera)	CH_4	0,0	Fracción
		2	Factor de corrección de metano (MCF)	CH_4	1,0	Fracción
		2	Contenido de carbono orgánico degradable (DOC) en pañales desechables	CH_4	2,4E-01	kt C/kt residuo
		2	Contenido de carbono orgánico degradable (DOC) en residuos de alimentos	CH_4	1,5E-01	kt C/kt residuo
		2	Contenido de carbono orgánico degradable (DOC) en residuos de jardín y poda	CH_4	2,0E-01	kt C/kt residuo
		2	Contenido de carbono orgánico degradable (DOC) en residuos industriales	CH_4	1,5E-01	kt C/kt residuo
		2	Contenido de carbono orgánico degradable (DOC) en papel y cartón	CH_4	4,0E-01	kt C/kt residuo
		2	Contenido de carbono orgánico degradable (DOC) en lodos de aguas residuales	CH_4	5,0E-02	kt C/kt residuo
		2	Contenido de carbono orgánico degradable (DOC) en textiles	CH_4	2,4E-01	kt C/kt residuo
		2	Contenido de carbono orgánico degradable (DOC) en madera y paja	CH_4	4,3E-01	kt C/kt residuo
		2	Constante de descomposición (k) de madera y paja	CH_4	[2,5E-02 - 3,5E-02]	$Año^{-1}$
		2	Constante de descomposición (k) de papel y cartón	CH_4	[4,5E-02 - 7,0E-02]	$Año^{-1}$
		2	Constante de descomposición (k) de textiles	CH_4	[4,5E-02 - 7,0E-02]	$Año^{-1}$
		2	Constante de descomposición (k) de residuos de jardín y poda	CH_4	[6,5E-02 - 1,7E-01]	$Año^{-1}$
		2	Constante de descomposición (k) de pañales desechables	CH_4	[6,5E-02 - 1,7E-01]	$Año^{-1}$
		2	Constante de descomposición (k) de residuos industriales	CH_4	[6,5E-02 - 1,7E-01]	$Año^{-1}$
		2	Constante de descomposición (k) de residuos de alimentos	CH_4	[8,5E-02 - 4,0E-01]	$Año^{-1}$
		2	Constante de descomposición (k) de lodos de aguas residuales	CH_4	[8,5E-02 - 4,0E-01]	$Año^{-1}$
		2	Vida media (t1/2) de madera y paja (muy lenta)	CH_4	[19,8 - 27,7]	Año
		2	Vida media (t1/2) de textiles (lenta)	CH_4	[9,9 - 15,4]	Año

Subcategoría	Fuente FE	Nivel (Tier)	Clasif.	Cont	Valor	Unidad
		2	Vida media (t1/2) de papel y cartón (lenta)	CH_4	[9,9 - 15,4]	Año
		2	Vida media (t1/2) de pañales desechables (moderada)	CH_4	[4,08 - 10,66]	Año
		2	Vida media (t1/2) de residuos de jardín y poda (moderada)	CH_4	[4,08 - 10,66]	Año
		2	Vida media (t1/2) de residuos industriales (moderada)	CH_4	[4,08 - 10,66]	Año
		2	Vida media (t1/2) de lodos de aguas residuales (rápida)	CH_4	[1,73 - 8,15]	Año
		2	Vida media (t1/2) de residuos de alimentos (rápida)	CH_4	[1,73 - 8,15]	Año
	GMI, 2010	2	Composición de residuos sólidos por tipo	CH_4	Por departamento	Fracción
	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch. 5A-Tb 3-1	1	Residuos sólidos municipales	PM_{10}	2,2E-01	g/Mg
		1	Residuos sólidos municipales	$PM_{2.5}$	3,3E-02	g/Mg
		1	Residuos sólidos municipales	COVDM	1,56	Kg/Mg

Nota: Cont: Contaminante. Clasif: Clasificación del factor. Fuente: Elaboración a partir de EMEP/EEA (2019), IPCC (2006), SSPD (2025); Global Methane Iniciative (2010).

Tabla 7-13. Disposición de residuos sólidos: fracciones de composición de residuos sólidos por tipo (valor consolidado por departamento)

Departamento	Tipo de residuo	Valor	Unidad	Departamento	Tipo de residuo	Valor	Unidad
Amazonas	Residuos de alimentos	7,0E-01	Fracción	Guaviare	Residuos de alimentos	7,0E-01	Fracción
	Residuos de jardín y poda	7,8E-02	Fracción		Residuos de jardín y poda	7,8E-02	Fracción
	Papel y cartón	3,6E-02	Fracción		Papel	3,6E-02	Fracción
	Plásticos y otros residuos inertes	1,6E-01	Fracción		Plásticos y otros residuos inertes	1,6E-01	Fracción
	Textiles	1,7E-02	Fracción		Textiles	1,7E-02	Fracción
	Madera	1,6E-02	Fracción		Madera	1,6E-02	Fracción
Antioquia	Residuos de alimentos	5,3E-01	Fracción	Huila	Residuos de alimentos	6,9E-01	Fracción
	Residuos de jardín y poda	6,2E-02	Fracción		Residuos de jardín y poda	8,1E-02	Fracción
	Papel y cartón	8,6E-02	Fracción		Papel	1,5E-02	Fracción
	Plásticos y otros residuos inertes	2,6E-01	Fracción		Plásticos y otros residuos inertes	1,7E-01	Fracción
	Textiles	2,6E-02	Fracción		Textiles	7,8E-03	Fracción
	Madera	3,4E-02	Fracción		Madera	4,4E-02	Fracción
Arauca	Residuos de alimentos	5,5E-01	Fracción	La Guajira	Residuos de alimentos	4,4E-01	Fracción
	Residuos de jardín y poda	7,9E-02	Fracción		Residuos de jardín y poda	2,0E-01	Fracción
	Pañales desechables	3,5E-02	Fracción		Papel	1,0E-01	Fracción
	Papel	7,2E-02	Fracción		Plásticos y otros residuos inertes	2,2E-01	Fracción
	Plásticos y otros residuos inertes	2,1E-01	Fracción		Textiles	8,9E-03	Fracción
	Textiles	2,5E-02	Fracción		Madera	3,2E-02	Fracción
	Madera	2,6E-02	Fracción	Magdalena	Residuos de alimentos	3,6E-01	Fracción
Archipiélago De San Andrés, Providencia Y Santa Catalina	Residuos de alimentos	5,4E-01	Fracción		Residuos de jardín y poda	3,4E-01	Fracción
	Residuos de jardín y poda	8,7E-02	Fracción		Papel	5,4E-02	Fracción
	Pañales desechables	1,5E-02	Fracción		Plásticos y otros residuos inertes	2,0E-01	Fracción
	Papel	8,1E-02	Fracción		Textiles	1,8E-02	Fracción
	Plásticos y otros residuos inertes	2,1E-01	Fracción		Madera	3,4E-02	Fracción
	Textiles	2,9E-02	Fracción	Meta	Residuos de alimentos	5,5E-01	Fracción

Departamento	Tipo de residuo	Valor	Unidad	Departamento	Tipo de residuo	Valor	Unidad
	Madera	3,2E-02	Fracción		Residuos de jardín y poda	7,9E-02	Fracción
Atlántico	Residuos de alimentos	5,4E-01	Fracción		Pañales desechables	3,5E-02	Fracción
	Residuos de jardín y poda	8,7E-02	Fracción		Papel	7,2E-02	Fracción
	Pañales desechables	1,5E-02	Fracción		Plásticos y otros residuos inertes	2,1E-01	Fracción
	Papel	8,1E-02	Fracción		Textiles	2,5E-02	Fracción
	Plásticos y otros residuos inertes	2,1E-01	Fracción		Madera	2,6E-02	Fracción
	Textiles	2,9E-02	Fracción	Nariño	Residuos de alimentos	5,9E-01	Fracción
	Madera	3,2E-02	Fracción		Residuos de jardín y poda	6,4E-02	Fracción
Bogotá, D.C.	Residuos de alimentos	5,6E-01	Fracción		Pañales desechables	3,6E-02	Fracción
	Residuos de jardín y poda	6,4E-02	Fracción		Papel	7,4E-02	Fracción
	Papel	8,2E-02	Fracción		Plásticos y otros residuos inertes	1,8E-01	Fracción
	Plásticos y otros residuos inertes	2,3E-01	Fracción		Textiles	3,8E-02	Fracción
	Textiles	4,0E-02	Fracción		Madera	1,7E-02	Fracción
	Madera	2,4E-02	Fracción	Norte De Santander	Residuos de alimentos	5,4E-01	Fracción
Bolívar	Residuos de alimentos	5,8E-01	Fracción		Residuos de jardín y poda	8,7E-02	Fracción
	Residuos de jardín y poda	6,4E-02	Fracción		Pañales desechables	1,5E-02	Fracción
	Papel	1,0E-01	Fracción		Papel	8,1E-02	Fracción
	Plásticos y otros residuos inertes	2,0E-01	Fracción		Plásticos y otros residuos inertes	2,1E-01	Fracción
	Textiles	1,4E-02	Fracción		Textiles	2,9E-02	Fracción
	Madera	4,3E-02	Fracción		Madera	3,2E-02	Fracción
Boyacá	Residuos de alimentos	5,4E-01	Fracción	Putumayo	Residuos de alimentos	7,0E-01	Fracción
	Residuos de jardín y poda	8,7E-02	Fracción		Residuos de jardín y poda	7,8E-02	Fracción
	Pañales desechables	1,5E-02	Fracción		Papel	3,6E-02	Fracción
	Papel	8,1E-02	Fracción		Plásticos y otros residuos inertes	1,6E-01	Fracción
	Plásticos y otros residuos inertes	2,1E-01	Fracción		Textiles	1,7E-02	Fracción
	Textiles	2,9E-02	Fracción		Madera	1,6E-02	Fracción
	Madera	3,2E-02	Fracción	Quindío	Residuos de alimentos	5,4E-01	Fracción
Caldas	Residuos de alimentos	5,4E-01	Fracción		Residuos de jardín y poda	8,7E-02	Fracción
	Residuos de jardín y poda	8,7E-02	Fracción		Pañales desechables	1,5E-02	Fracción
	Pañales desechables	1,5E-02	Fracción		Papel	8,1E-02	Fracción
	Papel	8,1E-02	Fracción		Plásticos y otros residuos inertes	2,1E-01	Fracción
	Plásticos y otros residuos inertes	2,1E-01	Fracción		Textiles	2,9E-02	Fracción
	Textiles	2,9E-02	Fracción		Madera	3,2E-02	Fracción
	Madera	3,2E-02	Fracción	Risaralda	Residuos de alimentos	5,6E-01	Fracción
Caquetá	Residuos de alimentos	7,0E-01	Fracción		Residuos de jardín y poda	3,7E-02	Fracción
	Residuos de jardín y poda	7,8E-02	Fracción		Pañales desechables	1,5E-02	Fracción
	Papel	3,6E-02	Fracción		Papel	7,5E-02	Fracción
	Plásticos y otros residuos inertes	1,6E-01	Fracción		Plásticos y otros residuos inertes	2,4E-01	Fracción
	Textiles	1,7E-02	Fracción		Textiles	4,2E-02	Fracción
	Madera	1,6E-02	Fracción		Madera	3,1E-02	Fracción
Casanare	Residuos de alimentos	5,5E-01	Fracción	Santander	Residuos de alimentos	5,4E-01	Fracción
	Residuos de jardín y poda	7,9E-02	Fracción		Residuos de jardín y poda	8,7E-02	Fracción
	Pañales desechables	3,5E-02	Fracción		Pañales desechables	1,5E-02	Fracción
	Papel	7,2E-02	Fracción		Papel	8,1E-02	Fracción

Departamento	Tipo de residuo	Valor	Unidad	Departamento	Tipo de residuo	Valor	Unidad
	Plásticos y otros residuos inertes	2,1E-01	Fracción		Plásticos y otros residuos inertes	2,1E-01	Fracción
	Textiles	2,5E-02	Fracción		Textiles	2,9E-02	Fracción
	Madera	2,6E-02	Fracción		Madera	3,2E-02	Fracción
Cauca	Residuos de alimentos	5,8E-01	Fracción	Sucre	Residuos de alimentos	6,5E-01	Fracción
	Residuos de jardín y poda	6,7E-02	Fracción		Residuos de jardín y poda	5,9E-02	Fracción
	Papel	8,5E-02	Fracción		Papel	3,1E-02	Fracción
	Plásticos y otros residuos inertes	2,0E-01	Fracción		Plásticos y otros residuos inertes	2,2E-01	Fracción
	Textiles	5,8E-02	Fracción		Textiles	2,2E-02	Fracción
	Madera	1,4E-02	Fracción		Madera	2,0E-02	Fracción
Cesar	Residuos de alimentos	5,4E-01	Fracción	Tolima	Residuos de alimentos	6,1E-01	Fracción
	Residuos de jardín y poda	8,7E-02	Fracción		Residuos de jardín y poda	8,2E-02	Fracción
	Pañales desechables	1,5E-02	Fracción		Papel	9,4E-02	Fracción
	Papel	8,1E-02	Fracción		Plásticos y otros residuos inertes	1,7E-01	Fracción
	Plásticos y otros residuos inertes	2,1E-01	Fracción		Textiles	1,2E-02	Fracción
	Textiles	2,9E-02	Fracción		Madera	3,4E-02	Fracción
	Madera	3,2E-02	Fracción	Valle Del Cauca	Residuos de alimentos	6,0E-01	Fracción
Chocó	Residuos de alimentos	5,9E-01	Fracción		Residuos de jardín y poda	6,1E-02	Fracción
	Residuos de jardín y poda	6,4E-02	Fracción		Pañales desechables	7,2E-02	Fracción
	Pañales desechables	3,6E-02	Fracción		Papel	6,4E-02	Fracción
	Papel	7,4E-02	Fracción		Plásticos y otros residuos inertes	1,7E-01	Fracción
	Plásticos y otros residuos inertes	1,8E-01	Fracción		Textiles	1,9E-02	Fracción
	Textiles	3,8E-02	Fracción		Madera	1,9E-02	Fracción
	Madera	1,7E-02	Fracción	Vaupés	Residuos de alimentos	7,0E-01	Fracción
Córdoba	Residuos de alimentos	6,5E-01	Fracción		Residuos de jardín y poda	7,8E-02	Fracción
	Residuos de jardín y poda	5,9E-02	Fracción		Papel	3,6E-02	Fracción
	Papel	3,1E-02	Fracción		Plásticos y otros residuos inertes	1,6E-01	Fracción
	Plásticos y otros residuos inertes	2,2E-01	Fracción		Textiles	1,7E-02	Fracción
	Textiles	2,2E-02	Fracción		Madera	1,6E-02	Fracción
	Madera	2,0E-02	Fracción	Vichada	Residuos de alimentos	5,5E-01	Fracción
Cundinamarca	Residuos de alimentos	5,5E-01	Fracción		Residuos de jardín y poda	7,9E-02	Fracción
	Residuos de jardín y poda	6,4E-02	Fracción		Pañales desechables	3,5E-02	Fracción
	Papel	8,6E-02	Fracción		Papel	7,2E-02	Fracción
	Plásticos y otros residuos inertes	2,3E-01	Fracción		Plásticos y otros residuos inertes	2,1E-01	Fracción
	Textiles	3,7E-02	Fracción		Textiles	2,5E-02	Fracción
	Madera	3,5E-02	Fracción		Madera	2,6E-02	Fracción

Fuente: Elaboración a partir de Global Methane Iniciative (2010).

Estratificación climática del modelo FOD: La respuesta al forzamiento climático en los sitios de disposición final se cuantificó a través de la constante de generación de metano (k) y su correspondiente vida media ($t_{1/2}$). Estos parámetros se seleccionaron bajo un esquema de regionalización técnica que vinculó los registros históricos de temperatura y precipitación del Ideam (escala regional asignación municipal) con las categorías climáticas definidas por el IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2006b).

Asignación de zonas climáticas: Debido a la ausencia de registros meteorológicos en los sitios de disposición, la temperatura y la precipitación se consideraron a escala regional (cinco regiones naturales) y se asignaron a nivel municipal. Para ello, el inventario utilizó los registros oficiales del Ideam, fundamentándose en promedios multianuales de Temperatura Media Anual (MAT) y Precipitación Media Anual (MAP). Esta escala espacial garantizó la consistencia de la serie histórica 1990-2024 y evitó sesgos derivados de mediciones puntuales no disponibles a nivel de sitio de disposición.

Vinculación con clasificaciones IPCC: Para asegurar la exhaustividad en todo el territorio nacional, el modelo contempló las cuatro clasificaciones climáticas dispuestas por las Directrices del IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2006b):

1) Templado Seco: Regiones con una Temperatura Media Anual (MAT) ≤ 20 °C y un cociente entre precipitación y evapotranspiración potencial (MAP/PET) < 1.
2) Templado Húmedo: Regiones con MAT ≤ 20 °C y un cociente MAP/PET > 1.
3) Tropical Seco: Regiones con MAT > 20 °C y una Precipitación Media Anual (MAP) < 1.000 mm.
4) Tropical Húmedo: Regiones con MAT > 20 °C y una MAP ≥ 1.000 mm.

Si bien el inventario consideró la estructura de las cuatro zonas climáticas, es preciso señalar que, dadas las características biofísicas de las regiones naturales en Colombia, la aplicación del modelo se centró solo en las clasificaciones: **Tropical seco y Tropical húmedo**.

Selección de parámetros asociados: Una vez identificada la zona climática del municipio receptor, el algoritmo de cálculo en R seleccionó automáticamente la constante k correspondiente a cada fracción de residuo (alimentos, papel, madera, etc.). Esta diferenciación fue determinante para la exactitud del inventario, ya que la humedad ambiental acelera significativamente los procesos de descomposición anaeróbica, resultando en valores de k más elevados (y vidas medias más cortas) para las zonas húmedas frente a las secas(Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2006a).

Si bien en la Tabla 7-12 se presentan estos rangos, en la Tabla 7-14 se detallan los parámetros cinéticos parámetros cinéticos del modelo FOD: constante de descomposición (k) y vida media ($t_{1/2}$) de acuerdo con la respectiva zonificación climática del país (Tropical seco y Tropical húmedo).

Tabla 7-14. Disposición de residuos sólidos. Constantes de descomposición (k) utilizadas en el modelo FOD según tipo de residuo y zona climática IPCC (año^{-1})

Tipo de residuo	Parámetro	Tropical seco	Tropical húmedo
Madera y Paja (Degradación muy Lenta)	k (Año^{-1})	2,5E-02	3,5E-02
	$t_{1/2}$ (Año)	27,7	19,8
Papel y Textiles (Degradación Lenta)	k (Año^{-1})	4,5E-02	7,0E-02
	$t_{1/2}$ (Año)	15,4	9,9
Jardín y Poda (Degradación moderada)	k (Año^{-1})	6,5E-02	1,7E-01
	$t_{1/2}$ (Año)	10,66	4,08
Pañales desechables y residuos industriales (Degradación moderada)	k (Año^{-1})	6,5E-02	1,7E-01
	$t_{1/2}$ (Año)	10,66	4,08
Alimentos y lodos (Degradación rápida)	k (Año^{-1})	8,5E-02	4,0E-01
	$t_{1/2}$ (Año)	8,15	1,73

Nota: Elaboración propia partir de IPCC (2006).

7.2.3 Descripción de flexibilidad aplicada en la categoría

No se aplicó ninguna flexibilidad.

7.2.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría

Tabla 7-15. Resultados de incertidumbre (%) por propagación del error para 5.A. Eliminación de residuos sólidos

Subcategoría	Cont	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
5.A. Eliminación de residuos sólidos	CH4	5,7	5,7	5,6	5,6	2,9	2,8	2,9	2,9	2,8	2,8	2,8
5.A.1. Sitios de eliminación de residuos gestionados	CH4	5,9	5,8	5,8	5,7	3,0	2,9	3,0	2,9	2,9	2,9	2,8
5.A.1.a. Anaeróbico	CH4	5,9	5,8	5,8	5,7	3,0	2,9	3,0	2,9	2,9	2,9	2,8
5.A.3. Sitios no categorizados de eliminación de residuos	CH4	6,6	6,1	5,7	5,5	4,5	3,7	3,7	3,9	3,5	4,5	5,3
5.A.3.d Granel - Sin fracciones de residuos	CH4	6,6	6,1	5,7	5,5	4,5	3,7	3,7	3,9	3,5	4,5	5,3

En la Tabla 7-15 se presentan los resultados de incertidumbre para la categoría 5.A. Eliminación de residuos sólidos durante el periodo 1990-2024. La totalidad de las emisiones de esta categoría corresponde a CH_4.

La incertidumbre promedio histórica fue de ±4,19 %. En 1990, la incertidumbre fue de ±5,69 %, mientras que en 2024 alcanzó ±2,78 %, lo que representa una reducción relativa del 51,19 %, equivalente a 2,91 puntos porcentuales.

Entre 1990 y 2005, la incertidumbre se mantuvo relativamente estable, con valores cercanos al 5,6 % y 5,8 %, y alcanzó su máximo en 1993, con ±5,80 %. En 2006 se presentó una reducción importante, al pasar de ±5,61 % a ±3,33 %. Posteriormente, la incertidumbre continuó disminuyendo hasta alcanzar el valor mínimo de la serie en 2012, con ±2,63 %.

Durante los años más recientes se observa nuevamente una tendencia decreciente. La incertidumbre pasó de ±2,91 % en 2020 a ±2,88 % en 2021, ±2,84 % en 2022, ±2,83 % en 2023 y ±2,78 % en 2024.

Para 5.A.1. Sitios de eliminación de residuos gestionados, la incertidumbre promedio histórica fue de ±4,30 %. Esta disminuyó de ±5,86 % en 1990 a ±2,84 % en 2024, lo que representa una reducción relativa del 51,64 %. Los resultados de esta subcategoría coinciden con los de 5.A.1.a. Sitios anaeróbicos, debido a que las emisiones reportadas para los sitios gestionados corresponden a este sistema de disposición.

Por su parte, 5.A.3. Sitios no categorizados de eliminación de residuos presentó una incertidumbre promedio histórica de ±5,05 %. La incertidumbre disminuyó de ±6,60 % en 1990 a ±5,30 % en 2024, equivalente a una reducción del 19,74 %. Sin embargo, después de alcanzar un mínimo de ±3,33 % en 2017, aumentó en los últimos años, particularmente entre 2022 y 2024, cuando pasó de ±3,51 % a ±5,30 %. Los resultados de esta subcategoría coinciden con los reportados para 5.A.3.d. Disposición a granel sin diferenciación por fracciones de residuos.

7.2.5 AC/CC de la categoría

Para la categoría 5.A Eliminación de residuos sólidos se implementaron procedimientos específicos de control de calidad enfocados en la verificación de la integridad, coherencia espacial y consistencia temporal de la información asociada a la disposición final de residuos sólidos. Se revisó la consistencia de los registros provenientes de la operación estadística Estado de la Disposición Final en Colombia de la SSPD, incluyendo controles sobre identificadores de los sitios de disposición, estabilidad territorial, municipios atendidos, años de operación y cantidades de residuos dispuestos.

Se realizaron verificaciones específicas sobre el proceso de construcción de la base de datos sitio-año, incluyendo la homologación de registros provenientes de diferentes fuentes, la eliminación de duplicidades asociadas a municipios atendidos por múltiples sitios de disposición y la conservación de masa durante los procesos de agregación. Asimismo, se evaluó la coherencia entre la serie observada y la serie retroproyectada utilizada para extender los datos de actividad previos a 2010, verificando la ausencia de discontinuidades artificiales y la compatibilidad con los requerimientos del modelo First Order Decay (FOD).

Adicionalmente, se verificó la correcta asignación de los parámetros del modelo, incluyendo composición de residuos por departamento, contenido de carbono orgánico degradable (DOC), fracción de carbono degradable disimilada (DOCf), fracción de metano (F) y constantes de degradación (k) según tipo de residuo y condición climática. La nueva herramienta de cálculo implementada en lenguaje R permitió fortalecer la trazabilidad de los resultados, conservar variables intermedias de cálculo y reproducir integralmente las estimaciones a nivel de sitio de disposición final.

Finalmente, los resultados obtenidos fueron comparados con los reportados en ciclos anteriores del inventario para identificar variaciones significativas derivadas de la actualización de los datos de actividad, la reconstrucción histórica de la serie, la incorporación de nuevas fuentes de información y la implementación de la nueva plataforma de cálculo.

7.2.6 Nuevos cálculos de la categoría

Durante la preparación del BTR2 se realizó un recálculo integral de la categoría 5.A. Eliminación de residuos sólidos para toda la serie temporal del inventario. Este proceso respondió a la disponibilidad de fuentes de información con mayor nivel de validación estadística, al fortalecimiento metodológico de los datos de actividad, a la actualización de parámetros utilizados en el modelo de estimación y a la implementación de una nueva herramienta de cálculo para la estimación de emisiones.

La principal actualización consistió en la incorporación de las bases de datos de la operación estadística "Estado de la Disposición Final en Colombia", desarrollada por la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD) y utilizada para la elaboración del Informe Nacional de Disposición Final de Residuos Sólidos en Colombia. Esta operación estadística cuenta con certificación DANE No. 21-PE-020 conforme a la Norma Técnica NTC PE 1000:2020(Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD), 2025b), proporcionando información con mayores niveles de control de calidad, trazabilidad y validación estadística que la utilizada en ejercicios previos del inventario. Como consecuencia, se recalcularon completamente las series de datos de actividad utilizadas en las categorías 5.A.1 Sitios gestionados de residuos sólidos y 5.A.3 Sitios no categorizados de eliminación de residuos.

Asimismo, se reconstruyó la serie histórica de residuos dispuestos correspondiente al período 1985–2009 mediante técnicas de empalme basadas en un procedimiento de retroproyección desarrollado específicamente para garantizar consistencia temporal con la serie observada 2010–2024. A diferencia de aproximaciones anteriores, la reconstrucción utilizó información municipal oficial de población y producto interno bruto per cápita como variables proxy, incorporando una elasticidad ingreso–residuos y mecanismos de control orientados a conservar la masa total de residuos, minimizar discontinuidades temporales y garantizar compatibilidad con los requerimientos del modelo First Order Decay (FOD). La serie fue extendida hasta 1985 con el fin de proporcionar una precarga temporal adecuada para la estimación de emisiones desde 1990, evitando la subestimación asociada a la ausencia de residuos depositados en años previos al período de reporte.

Otra mejora relevante correspondió a la redefinición de la unidad espacial de análisis. Mientras que en ejercicios anteriores la información provenía directamente de registros agregados del Sistema Único de Información (SUI), en el presente ciclo fue posible construir una base de datos a nivel de sitio de disposición final, integrando información sobre la ubicación de cada instalación, los municipios atendidos y las cantidades efectivamente dispuestas. Para ello se desarrollaron procedimientos de homologación de identificadores, validación de ubicación territorial, eliminación de duplicidades asociadas a municipios atendidos, verificación de consistencia espacial y agregación sistemática de la información al nivel sitio-año. Este avance permitió representar de manera más precisa la disposición final de residuos y mejorar la asignación espacial de las emisiones dentro del inventario.

De igual forma, la nueva estructura de información permitió mejorar sustancialmente la clasificación de los sitios de disposición dentro de las categorías del IPCC. En ejercicios anteriores la categorización de los sitios requería la aplicación de reglas complementarias y supuestos derivados de la información disponible. Con la utilización de la operación estadística de la SSPD fue posible identificar explícitamente la tipología de disposición final de cada instalación, fortaleciendo la asignación de residuos a las categorías 5.A.1 Sitios gestionados de residuos sólidos y 5.A.3 Sitios no categorizados de eliminación de residuos y reduciendo la incertidumbre asociada a los procesos de clasificación.

Paralelamente, para el ciclo BTR2, la estimación de emisiones de la categoría 5.A se optimizó mediante una plataforma automatizada en lenguaje R que optimizó el procesamiento metodológico de las subcategorías 5.A.1 y 5.A.3 bajo el modelo de FOD. La implementación de esta herramienta mejoró la trazabilidad y transparencia superiores en el inventario nacional, fortaleciendo además los procesos de control de calidad mediante la automatización de variables intermedias de seguimiento.

Asimismo, se actualizaron los parámetros de entrada utilizados por el modelo. Entre los cambios más relevantes se encuentra la incorporación del año real de inicio de operación de los sitios de disposición final, obtenido a partir de los registros actualizados de la SSPD para el período 1980–2019. Esto permitió reconstruir de manera más precisa la acumulación histórica de residuos y, por consiguiente, el carbono orgánico disponible para degradación en cada instalación. De igual manera, se implementó el uso de composiciones de residuos diferenciadas a escala departamental, derivadas de los factores por defecto del Colombia Landfill Gas Model desarrollado en el marco de la Global Methane Initiative (United States Environmental Protection Agency (U.S. EPA), 2010b). Esta actualización permitió representar de manera más adecuada las diferencias regionales en la composición de los residuos y mejorar la estimación de los parámetros DOC ponderados utilizados en el modelo.

Las constantes de descomposición (k) también fueron revisadas y ajustadas para cada tipo de material y zona climática conforme a los valores recomendados por las Directrices 2006 del IPCC. Esta diferenciación constituyó un avance relevante frente a aproximaciones menos detalladas, al representar de manera más realista la cinética de degradación de las distintas fracciones de residuos.

La nueva implementación incorporó igualmente el tratamiento explícito de la recuperación de biogás dentro del flujo de cálculo. La herramienta permitió descontar el metano recuperado del potencial de generación estimado por el modelo FOD y mantener la trazabilidad de las cantidades capturadas a través de variables específicas de control. En consecuencia, el respectivo reporte se consideró en Energía.

Finalmente, se fortalecieron los procedimientos de validación y control de calidad de los datos de actividad y de los resultados del modelo. Entre las verificaciones realizadas se incluyeron controles de cobertura temporal, integridad de identificadores, estabilidad territorial de los sitios de disposición, conservación de masa durante los procesos de agregación, detección y corrección de duplicidades, consistencia entre la serie retroproyectada y la serie observada, así como verificaciones sobre la coherencia de los resultados generados por el modelo FOD. Estas actividades permitieron disponer de una serie temporal única, consistente y espacialmente explícita para la totalidad del período de análisis.

En la Tabla 7-16 y Figura 7-9 se presenta la comparación entre las estimaciones del inventario previo (BTR1) y las obtenidas en el presente ciclo de reporte (BTR2) para la categoría 5.A Eliminación de residuos sólidos.

Tabla 7-16. Disposición de residuos sólidos. Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2) (kt CO_2eq)

Subcategoría	Reporte	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021
5.A.1. Sitios gestionados de residuos sólidos	BTR1	1.327,9	2.488,4	3.856,9	5.598,9	7.647,3	8.825,1	10.913,0	11.372,7
5.A.1. Sitios gestionados de residuos sólidos	BTR2	2.989,1	4.766,7	6.223,1	7.296,5	7.895,8	9.033,1	10.948,2	11.261,3
5.A.1. Sitios gestionados de residuos sólidos	Diferencia	1.661,2	2.278,3	2.366,2	1.697,6	248,6	208,0	35,2	- 111,4
5.A.1. Sitios gestionados de residuos sólidos	Diferencia (%)	125,1%	91,6%	61,3%	30,3%	3,3%	2,4%	0,3%	-1,0%
5.A.1. Sitios gestionados de residuos sólidos	Efecto en total de categoría 5.A (%)	93,5%	74,1%	52,4%	26,9%	2,9%	2,2%	0,3%	-1,0%
5.A.1. Sitios gestionados de residuos sólidos	Efecto en total neto de categoría 5.A (%)	93,5%	74,1%	52,4%	26,9%	2,9%	2,2%	0,3%	-1,0%
5.A.3. Sitios no categorizados de eliminación de residuos	BTR1	448,3	587,4	657,3	701,4	779,3	558,0	359,0	309,8
5.A.3. Sitios no categorizados de eliminación de residuos	BTR2	92,9	132,9	163,4	187,7	215,2	298,1	240,7	238,1
5.A.3. Sitios no categorizados de eliminación de residuos	Diferencia	-355,4	-454,5	-493,9	-513,7	-564,2	-259,8	-118,2	-71,7
5.A.3. Sitios no categorizados de eliminación de residuos	Diferencia (%)	-79,3%	-77,4%	-75,1%	-73,2%	-72,4%	-46,6%	-32,9%	-23,1%
5.A.3. Sitios no categorizados de eliminación de residuos	Efecto en total de categoría 5.A (%)	-20,0%	-14,8%	-10,9%	-8,2%	-6,7%	-2,8%	-1,0%	-0,6%
5.A.3. Sitios no categorizados de eliminación de residuos	Efecto en total neto de categoría 5.A (%)	-20,0%	-14,8%	-10,9%	-8,2%	-6,7%	-2,8%	-1,0%	-0,6%
5.A. Eliminación de residuos sólidos	BTR1	1.776,2	3.075,8	4.514,2	6.300,2	8.426,6	9.383,1	11.272,0	11.682,5
5.A. Eliminación de residuos sólidos	BTR2	3.082,0	4.899,7	6.386,5	7.484,2	8.111,0	9.331,3	11.189,0	11.499,4
5.A. Eliminación de residuos sólidos	Diferencia	1.305,8	1.823,8	1.872,2	1.183,9	-315,6	-51,8	-83,0	-183,1
5.A. Eliminación de residuos sólidos	Diferencia (%)	73,5%	59,3%	41,5%	18,8%	-3,7%	-0,6%	-0,7%	-1,6%
5.A. Eliminación de residuos sólidos	Efecto en total de sector (%)	18,7%	19,2%	16,6%	8,4%	-1,8%	-0,3%	-0,4%	-0,8%
5.A. Eliminación de residuos sólidos	Efecto en total neto de sector (%)	18,7%	19,2%	16,6%	8,4%	-1,8%	-0,3%	-0,4%	-0,8%
5. Residuos	BTR1	6.987,1	9.476,3	11.247,9	14.022,5	17.223,2	18.820,2	21.929,4	22.209,0
5. Residuos	BTR2	9.423,2	11.564,1	13.786,8	15.852,8	17.440,8	19.941,9	23.584,3	23.740,9
5. Residuos	Diferencia	2.436,1	2.087,7	2.538,9	1.830,4	217,6	1.121,8	1.654,9	1.531,9
5. Residuos	Diferencia (%)	34,9%	22,0%	22,6%	13,1%	1,3%	6,0%	7,5%	6,9%

Fuente: Elaboración propia.

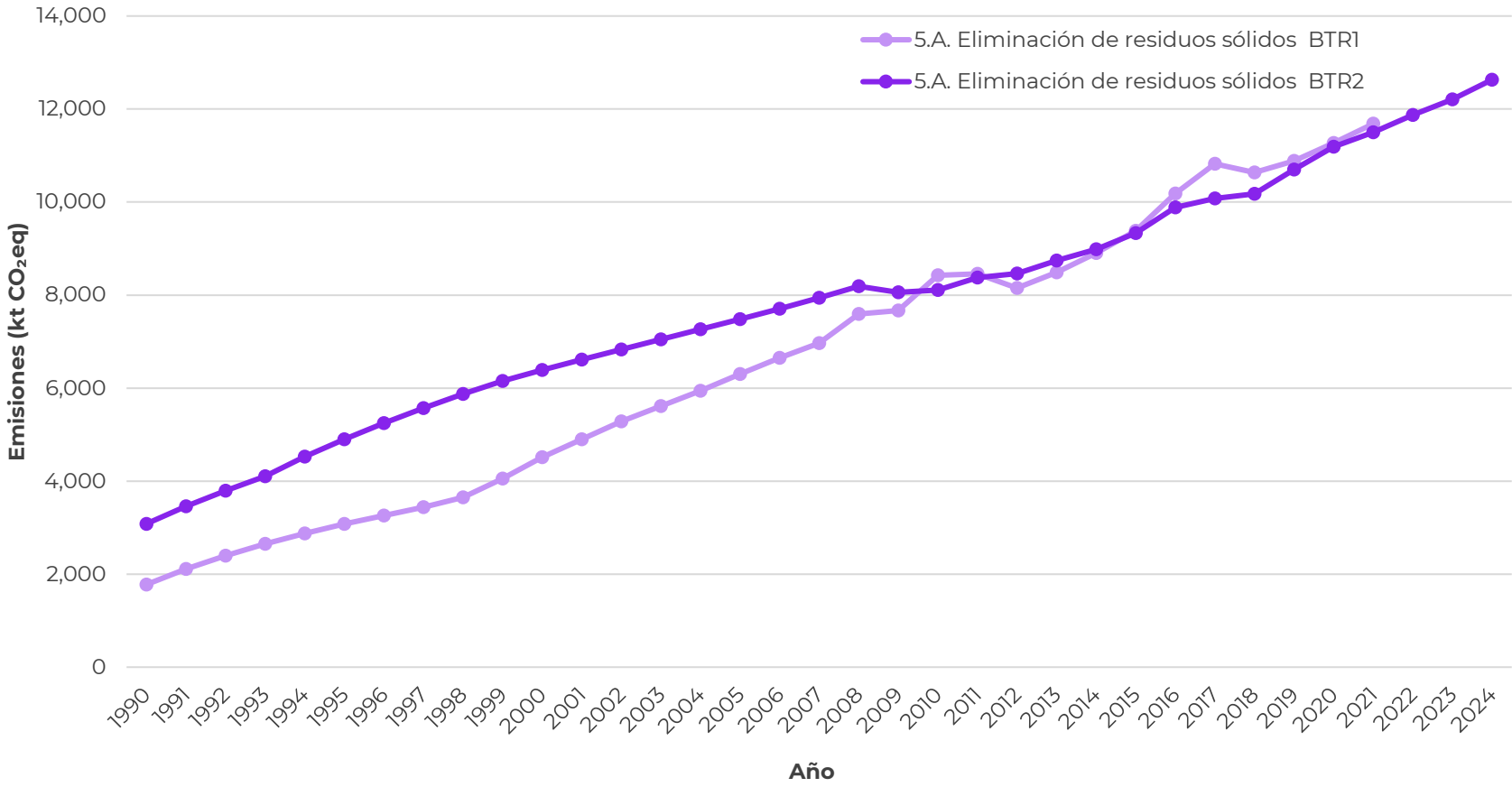


Figura 7-9. Disposición de residuos sólidos: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2), 1990-2024

Fuente: Elaboración propia.

El recálculo de las estimaciones para la subcategoría 5.A.1. Sitios gestionados de residuos en el ciclo BTR2 representó una evolución sustancial en la completitud y representatividad del inventario nacional, reflejando un incremento significativo en las emisiones estimadas para la primera mitad de la serie histórica. En 1990, la diferencia alcanzó un 125,1% (de 1.327,9 a 2.989,1 kt CO_2eq), tendencia que se moderó gradualmente hasta presentar una variación de apenas -1,0% en 2021. Este comportamiento se explica técnicamente por la mejor captura de la acumulación histórica de residuos (1985-2009); el modelo actual reconoce una mayor masa de carbono degradándose en los años 90 derivada de los años previos, lo que incrementa el nivel de emisión reportado para ese periodo frente al BTR1.

En contraste, la subcategoría 5.A.3. Sitios no categorizados de eliminación de residuos presentó una reducción sostenida en sus estimaciones a lo largo de toda la serie. En 1990, las emisiones disminuyeron un 79,3% y en 2021 se registra un -23,1% respecto al BTR1. Este ajuste es consecuencia directa de la depuración y validación de registros a nivel de sitio específico. La nueva estructura de información permitió reubicar flujos de masa que antes se asignaban por supuesto a botaderos, reconociendo su disposición real en infraestructuras gestionadas o eliminando duplicidades territoriales.

A nivel de categoría 5.A, el efecto neto fue un incremento inicial importante (73,5% en 1990) que convergió hacia una mayor consistencia en los años recientes (-1,6% en 2021). Estas variaciones aportaron significativamente al balance del Sector 5 (Residuos), el cual mostro un incremento total de 1.531,9 kt CO_2eq (6,9%) al cierre de 2021. Este resultado global consolidó un inventario más exhaustivo y trazable, donde la automatización mediante el código en R garantizó que cada tonelada de residuo sea procesada individualmente bajo parámetros cinéticos estandarizados, cumpliendo con los requisitos de exactitud del MRT.

7.2.7 Mejoras planeadas de la categoría

Las mejoras planeadas para la categoría 5.A Eliminación de residuos sólidos se orientan a fortalecer la calidad, representatividad, consistencia temporal y trazabilidad de en la estimación de emisiones. Estas actividades priorizadas responden a las oportunidades de mejora identificadas a partir de los procesos de control de calidad (QA/QC), análisis de incertidumbre y revisión de la disponibilidad de información sectorial, así como a las recomendaciones formuladas procesos de examen por pares u otros procesos de revisión o análisis previos. Su implementación se desarrollará en articulación con las entidades competentes, con el fin de avanzar hacia el uso de información más precisa, reduciendo la dependencia de supuestos y variables proxy, y asegurando la coherencia con las Directrices del IPCC. Las actividades específicas priorizadas para esta categoría se presentan en la Tabla 7-17, en la cual se detallan las actividades propuestas de mejora, los periodos de implementación, los actores responsables y la priorización correspondiente.

Tabla 7-17. Disposición de residuos sólidos. Plan de mejora

Subcategoría	Actividad propuesta de mejora	Periodo	Actores	Priorización
5.A Eliminación de residuos sólidos	En articulación con las entidades competentes, ampliar y fortalecer la cobertura de información **sobre recuperación, quema y aprovechamiento energético de biogás** en los sitios de disposición final del país, mejorando la trazabilidad, consistencia temporal y representatividad de los datos utilizados en el inventario nacional, mediante la consolidación de registros provenientes de operadores, proyectos de aprovechamiento de biogás, autoridades ambientales y entidades reguladoras.	1990-2024	Ideam, Minvivienda, SSPD, autoridades ambientales, operadores de rellenos sanitarios, UAESP	BTR3 - 2028
	Fomentar la recopilación y el acceso a información sobre la **evolución temporal de la composición de los residuos** sólidos dispuestos y evaluar su impacto sobre los parámetros de degradación utilizados en el modelo FOD, incluyendo la estimación del contenido de carbono orgánico degradable (DOC) y otros parámetros asociados a la generación de metano.	1990-2024	Ideam, Minvivienda, SSPD, autoridades ambientales, operadores de rellenos sanitarios, UAESP, academia	BTR4 - 2030
	En articulación con las entidades competentes, promover la mejora de la **caracterización climática** utilizada en la estimación de emisiones de CH_4 mediante la transición desde una clasificación climática regional hacia una clasificación basada en información municipal de temperatura y precipitación, fortaleciendo la asignación espacial de parámetros de degradación en el modelo FOD.	1990-2024	Ideam, Minvivienda, SSPD, autoridades ambientales, operadores de rellenos sanitarios,	BTR3 - 2028

Subcategoría	Actividad propuesta de mejora	Periodo	Actores	Priorización
			UAESP, academía	
	En articulación con las entidades competentes, fomentar la disponibilidad y el aprovechamiento de información sobre otras **corrientes de residuos**, evaluando la incorporación de información de corrientes que actualmente no están diferenciadas o no estimadas (lodos de STAR, residuos industriales, residuos de construcción y demolición, residuos agrícolas y residuos provenientes de tratamientos mecánico-biológicos, y otras corrientes especiales con potencial disposición final.	1990-2024	Ideam, Minvivienda, Minambiente, SSPD, autoridades ambientales, operadores de rellenos sanitarios, UAESP, academía	BTR4 - 2030
	Fortalecer la reconstrucción histórica de la disposición final de residuos mediante la ampliación de la **serie temporal previa a 1985** para garantizar una adecuada aplicación del modelo FOD y evitar la subestimación de emisiones en los primeros años de la serie temporal.	1960-1985	Minambiente, Ideam, SSPD, autoridades ambientales, operadores de rellenos sanitarios	BTR4 - 2030
5.A.3. Sitios no categorizados de eliminación de residuos	Fomentar la recopilación y disponibilidad de información sobre **caracterización técnica de los sitios de disposición final no autorizados** (botaderos y enterramientos) mediante la recopilación de datos granulares o el desarrollo de supuestos técnicos más precisos sobre la profundidad de la masa de residuos y la ubicación de la capa freática.	1990-2024	Minambiente, Ideam, SSPD, autoridades ambientales, operadores de rellenos sanitarios	BTR3 - 2028

Fuente: Elaboración propia.

7.3 Tratamiento biológico de residuos sólidos (CRT 5.B)

Para el presente ciclo de reporte se evaluó específicamente la subcategoría 5.B.1.a Compostaje de residuos sólidos municipales, con el fin de determinar la pertinencia de su inclusión en el inventario nacional de GEI y verificar el cumplimiento de los criterios de insignificancia establecidos en las Modalidades, Procedimientos y Directrices (MPG) del Acuerdo de París.

Conforme al Volumen 5, Capítulo 4 de las Directrices 2006 del IPCC(IPCC, 2006a), la estimación de emisiones provenientes del compostaje requirió información sobre la masa de residuos orgánicos sometidos a tratamiento biológico y la aplicación de factores de emisión para CH_4 y N_2O específicos del proceso. El método de nivel 1 propuesto por el IPCC permitió estimar de manera indicativa las emisiones mediante las Ecuaciones 4.1 y 4.2, utilizando factores de emisión por defecto para compostaje de 4,0 g C H_4/kg de residuo tratado y 0,3 g N_2O/kg de residuo tratado, expresados sobre base húmeda.

Como dato de actividad se utilizó la información publicada por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) en la Cuenta Ambiental y Económica de Flujos de Materiales de Residuos Sólidos(Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), 2025a), específicamente la variable Oferta de residuos sólidos y productos residuales, la cual representó la generación anual de residuos sólidos en el país. A partir de esta información se estimó la cantidad de residuos sometidos a compostaje mediante la aplicación de la fracción de desechos sólidos municipales transformados en abono orgánico para América del Sur (3,0E-3) (V. 5, Ch. 2, Cuadro 2.1), correspondiente al valor por defecto recomendado por el IPCC para países de esta región.

La masa anual de residuos estimada para compostaje se multiplicó posteriormente por los factores de emisión por defecto establecidos por el IPCC para CH_4 y N_2O, obteniendo las emisiones de cada gas. Finalmente, estas emisiones fueron convertidas a CO_2eq utilizando los potenciales de calentamiento global adoptados para el inventario nacional.

Los resultados obtenidos (véase Tabla 7-18) demostraron que las emisiones asociadas al compostaje representaron una fracción muy reducida de las emisiones nacionales de gases de efecto invernadero durante toda la serie temporal. En el año de mayor contribución, las emisiones estimadas alcanzaron 19,1 kt CO_2eq (2022), valor que representó menos del 0,05 % de las emisiones netas nacionales y se encontró ampliamente por debajo de los umbrales de materialidad establecidos en las MPG para la aplicación de claves de notación.

En consecuencia, y de conformidad con los criterios de insignificancia definidos para el inventario nacional, esta subcategoría se reportó utilizando la clave de notación No Estimado (NE), dado que su contribución a las emisiones nacionales fue marginal.

Tabla 7-18. Tratamiento biológico de residuos sólidos. Datos de actividad y estimación de emisiones, 2012 – 2023.

Año	Generación de residuos (toneladas)	Emisiones (kt CO_2eq)
2012	21.644.408,4	12,4
2013	20.449.018,2	11,7
2014	21.597.150,5	12,4
2015	22.410.847,4	12,9
2016	23.760.649,8	13,7
2017	23.980.422,8	13,8
2018	26.843.320,9	15,4
2019	27.867.723,4	16,0
2020	28.653.718,7	16,5
2021	30.206.034,7	17,4
2022	33.298.356,8	19,1
2023	32.526.771,8	18,7

La estimación presentada para la subcategoría 5.B.1.a Compostaje de residuos sólidos municipales constituyó un primer ejercicio orientado a evaluar la magnitud potencial de las emisiones asociadas al tratamiento biológico de residuos sólidos en Colombia y su relevancia dentro del inventario nacional de GEI. En cuanto a las demás subcategorías incluidas en la categoría 5.B, actualmente no se dispone de la información de actividad necesaria para desarrollar estimaciones consistentes con las Directrices del IPCC. En consecuencia, se continúa trabajando en la identificación y consolidación de fuentes de información que permitan su cuantificación en futuros ciclos de reporte. Mientras se fortalece la disponibilidad de estos datos, dichas subcategorías se presentaron utilizando la clave de notación No Estimado (NE).

7.3.1 Mejoras planeadas de la categoría

Las mejoras planeadas para la categoría 5.B. Tratamiento biológico de residuos sólidos se orientan a fortalecer la disponibilidad, representatividad, consistencia temporal y trazabilidad de la información utilizada para la estimación de emisiones. Estas actividades responden a las brechas identificadas durante el presente ciclo de reporte, particularmente en relación con la ausencia de información nacional sistemática sobre las cantidades de residuos efectivamente tratadas mediante compostaje y otras tecnologías de tratamiento biológico, lo que limitó la aplicación de metodologías de estimación más robustas y específicas para el país.

Las acciones priorizadas buscan avanzar desde el uso de aproximaciones basadas en factores regionales y supuestos por defecto hacia la utilización de datos nacionales que permitan cuantificar de manera adecuada las emisiones asociadas a esta categoría, en concordancia con las Directrices del IPCC. Su implementación se desarrollará de manera articulada con las entidades productoras y administradoras de información sectorial, así como con los operadores de instalaciones de tratamiento biológico, con el propósito de fortalecer la cobertura y calidad de los datos disponibles y evaluar la incorporación futura de estas subcategorías al inventario nacional de GEI.

Las actividades específicas priorizadas para esta categoría se presentan en la Tabla 7-19, en la cual se detallan las actividades propuestas de mejora, los periodos de implementación, los actores responsables y la priorización correspondiente.

Tabla 7-19. Tratamiento biológico de residuos sólidos. Plan de mejora

Subcategoría	Actividad propuesta de mejora	Periodo	Actores	Priorización
5.B. Tratamiento biológico de residuos sólidos	Fortalecer la recopilación y consolidación de información nacional sobre las cantidades de residuos orgánicos tratadas mediante compostaje y otros procesos de tratamiento biológico, así como las características operativas de las	Desde inicio de la actividad-2024	Ideam, Minvivienda, SSPD, DANE, autoridades ambientales, gestores de residuos sólidos, operadores de plantas de	BTR4 - 2030

Subcategoría	Actividad propuesta de mejora	Periodo	Actores	Priorización
	instalaciones, con el fin de desarrollar estimaciones específicas para el país y reemplazar el uso de factores y supuestos regionales por datos nacionales representativos.		compostaje y asociaciones del sector.	

Fuente: Elaboración propia.

7.4 Incineración y quema abierta de residuos (CRT 5.C)

7.4.1 Descripción y tendencia de las emisiones y absorciones atmosféricas de la categoría

La categoría 5.C comprende las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), carbono negro y contaminantes criterio derivadas de la combustión de residuos sólidos y líquidos. En el inventario nacional, esta categoría se divide en dos grandes procesos: la incineración técnica y controlada (5.C.1), aplicada a flujos de residuos que requieren tratamientos térmicos específicos por su peligrosidad, y la incineración abierta (5.C.2), asociada a la quema de residuos municipales sin control tecnológico.

Durante el año 2024, esta categoría reportó emisiones por 1.754,5 kt CO_2eq, lo que representó el 6,75 % del total del sector Residuos. El perfil de emisiones está dominado por la quema abierta de residuos sólidos municipales (5.C.2.b.i), la cual aportó el 96,8 % de las emisiones de la categoría, reflejando la persistencia de brechas en la cobertura de recolección en zonas rurales y periféricas del país.

En Colombia, la estructura de reporte para la incineración se organizó bajo la siguiente jerarquía según el árbol de categorías (Figura 7-10).

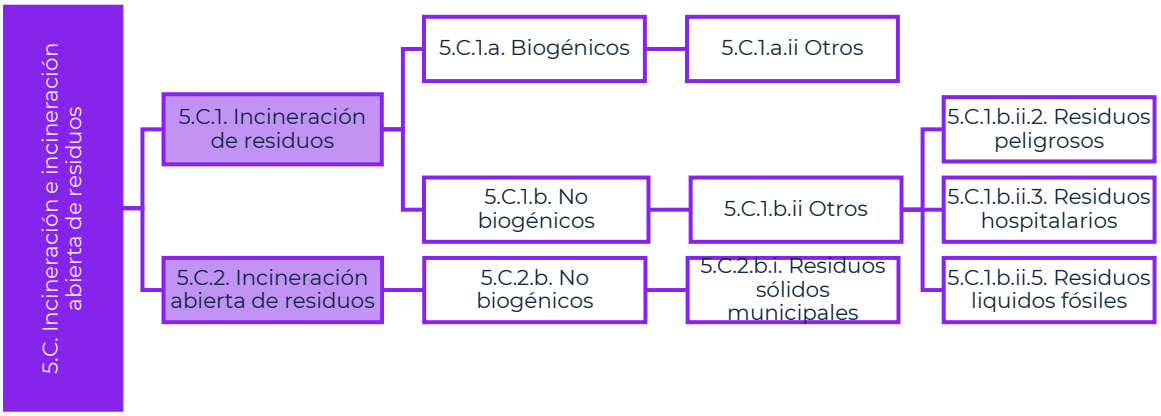


Figura 7-10. Incineración y quema abierta de residuos: Subcategorías estimadas en la categoría

- **5.C.1. Incineración de residuos**

La subcategoría 5.C.1 captura las emisiones derivadas del tratamiento térmico de residuos bajo condiciones controladas de temperatura y flujo de gases. En Colombia, esta actividad se monitorea a través del Registro de Generadores de Residuos o Desechos Peligrosos (RESPEL) administrado por el Ideam; a partir de 2024, mediante el Registro Único Ambiental (RUA), que permitió la trazabilidad detallada por corriente de residuo según el Decreto 1076 de 2015.

Durante 2024, el tratamiento térmico representó el 15 % del total de residuos peligrosos tratados en el país, con 55.260 toneladas, de las cuales la incineración controlada aportó la mayor carga operativa(Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam), 2025a). Consecuentemente, las emisiones estimadas para 5.C.1 en 2024 fueron de 56,2 kt CO_2eq.

La categorización de la subcategoría 5.C.1. Incineración de residuos se ha estructurado mediante una homologación técnica que vincula las corrientes de residuos peligrosos definidas en el Convenio de Basilea (definidas en la normatividad colombiana mediante los Anexos I y II del Decreto 1076 de 2015) con las subcategorías del IPCC. Esta estructura permitió una asignación precisa de los factores de emisión según el origen biogénico o fósil del carbono presente en los desechos.

En la Figura 7-11 se detalla la síntesis de la matriz de homologación de corrientes y subcorrientes RESPEL con las subcategorías IPCC. En general, esta homologación aseguró que los datos de actividad reportados en el Registro de Generadores (RESPEL) y el RUA se procesaran bajo un enfoque Tier 2a, garantizando la consistencia entre la normativa nacional y los requerimientos del Marco Reforzado de Transparencia.

Para el presente ciclo del inventario, las corrientes asociadas a fracciones biogénicas se consideraron a nivel de subcorriente con el fin de garantizar una clasificación más consistente y precisa de acuerdo con las respectivas subcategorías del IPCC. Esta resolución técnica permitió realizar un desglose detallado de los registros administrativos de los sistemas RESPEL y RUA, logrando segregar componentes específicos como los desechos de animales y decomisos no aprovechables (corrientes A4020.4 e Y1.4) de las fracciones hospitalarias o industriales. Al procesar la información bajo este nivel de desagregación, el modelo aseguró la correcta aplicación de los principios de contabilidad climática, asignando la neutralidad del carbono a las emisiones biogénicas (reportándose el CO_2 Biogénico como un elemento informativo) y evitando la sobreestimación de emisiones fósiles en la subcategoría 5.C.1, lo cual robusteció la transparencia y exactitud del reporte nacional.

Si bien para el presente ciclo de reporte se alcanzó un avance significativo en la identificación y consolidación de las corrientes de residuos peligrosos que son utilizados con fines de aprovechamiento energético (especialmente el uso de aceites usados y mezclas de hidrocarburos como combustible alternativo) a través de los registros administrativos del sistema RESPEL y el RUA, su integración formal en las estimaciones del inventario nacional aún requiere fortalecer la consistencia temporal y la trazabilidad de los datos de consumo de estos energéticos alternativos.

Bajo el principio de exhaustividad y prudencia, se asignó un valor de cero (0) a los parámetros de recuperación en el presente ciclo de reporte, en consecuencia, en el sector Energía, no se reportan flujos de consumo de esta fuente. Esta decisión técnica se fundamentó en las directrices del IPCC, que exigen registros de monitoreo continuos y verificables en la totalidad de las instalaciones para declarar reducciones por recuperación. Como mejora metodológica, se prevé integrar formalmente estos flujos dentro del sector Energía (categoría 1.A) en el próximo ciclo, garantizando la coherencia técnica y evitando la doble contabilidad entre sectores.

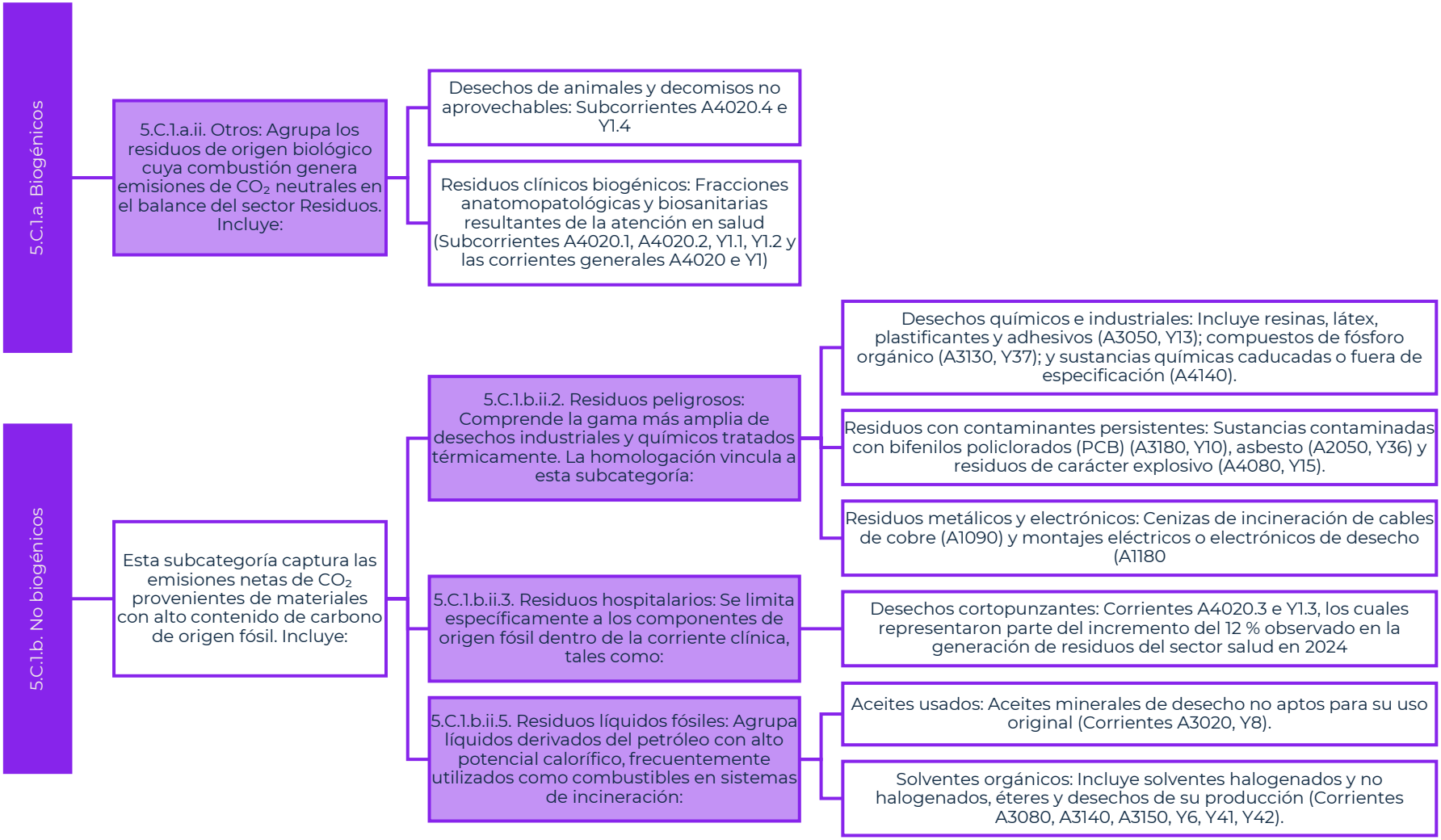


Figura 7-11. Síntesis de la matriz de homologación de corrientes y subcorrientes RESPEL con subcategorías IPCC.

- **Incineración abierta de residuos (5.C.2)**

La incineración abierta en el inventario nacional se define como la combustión no controlada de residuos sólidos municipales en espacios al aire libre, específicamente en áreas que carecen de cobertura del servicio público de aseo (Ideam et al., 2024). Esta definición integró los criterios técnicos de las Directrices del IPCC de 2006 sobre quema sin control de parámetros, adaptándolos a las circunstancias nacionales de gestión de residuos en territorios rurales y periféricos. Para el presente ciclo de reporte, y en estricta observancia del marco regulatorio nacional, se excluyó la contabilización de quemas en sitios de disposición final (como rellenos sanitarios o celdas de contingencia), dado que esta práctica está prohibida por el Decreto 1076 de 2015 y ha dejado de ser una actividad identificada en dichos centros operativos.

Durante 2024, esta actividad generó emisiones por 1.698,3 kt CO_2eq, lo que representó el 96,8 % de las emisiones totales de la categoría 5.C. El comportamiento de esta fuente es el principal determinante de la tendencia del sector en cuanto a contaminantes criterio, aportando casi la totalidad del material particulado y el monóxido de carbono debido a la baja eficiencia de la combustión incompleta.

El reporte de esta subcategoría se concentró en la quema realizada por hogares en territorios con deficiencias estructurales de saneamiento. Según los registros de 2024, el 69,1 % de los municipios del país presenta niveles de cobertura de aseo en sus zonas rurales inferiores al 30 % (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2025b). Ante la ausencia de esquemas de recolección y transporte, la población de estos territorios rurales recurre a la quema como medida para evitar la acumulación de desechos en las viviendas, práctica impulsada por la falta de infraestructura y costumbres culturales arraigadas.

Tendencia de las emisiones

De acuerdo con la Tabla 7-20 y Figura 7-12 la categoría 5.C. Incineración e incineración abierta de residuos presentó una tendencia creciente y sostenida durante el período 1990–2024, con un incremento acumulado de 112,8 %, al pasar de 824,6 kt CO_2eq en 1990 a 1.754,5 kt CO_2eq en 2024. La evolución de esta categoría estuvo determinada por dos dinámicas contrastantes: por un lado, la marcada predominancia de la quema abierta de residuos (5.C.2) y, por otro, las fluctuaciones asociadas a la operación de sistemas de incineración controlada (5.C.1).

En los últimos años se observó una relativa estabilización de las emisiones, que pasaron de 1.733,0 kt CO_2eq en 2022 a 1.754,5 kt CO_2eq en 2024. No obstante, frente a 2023 se registró una disminución de 1,2 %, atribuible principalmente a la reducción en la cantidad de residuos industriales sometidos a incineración controlada, lo cual compensó parcialmente el aumento estructural de la quema abierta asociado al crecimiento poblacional.

Incineración controlada (5.C.1)

La incineración controlada aportó 56,2 kt CO_2eq en 2024, equivalentes al 3,2 % de las emisiones totales de la categoría. Aunque su participación fue menor en términos de emisiones, reflejó hitos críticos de la gestión nacional:

Residuos peligrosos (5.C.1.b.ii.2): Las emisiones alcanzaron un máximo de 51,5 kt CO_2eq en 2015, asociado a una elevada actividad del sector de hidrocarburos, particularmente por el tratamiento térmico de lodos y mezclas oleosas. Posteriormente, las emisiones disminuyeron hasta 19,2 kt CO_2eq en 2024, en concordancia con la reducción en la generación de estas corrientes industriales (Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam), 2025b).

Residuos hospitalarios (5.C.1.b.ii.3): Esta subcategoría registró el crecimiento más acelerado de la serie reciente, aumentando de 14,6 kt CO_2eq en 2015 a un máximo histórico de 39,5 kt CO_2eq en 2020. Este comportamiento estuvo directamente relacionado con la emergencia sanitaria ocasionada por la COVID-19, que incrementó considerablemente la generación y el tratamiento térmico de residuos biosanitarios(Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2025d). En 2024 las emisiones se ubicaron en 32,4 kt CO_2eq, manteniéndose por encima de los niveles previos a la pandemia.

Residuos líquidos fósiles (5.C.1.b.ii.5): Las emisiones descendieron desde un máximo de 11,9 kt CO_2eq en 2015 hasta 4,6 kt CO_2eq en 2024. Esta reducción respondió a una transición progresiva hacia el aprovechamiento energético de aceites usados mediante operaciones de recuperación energética (R1), disminuyendo la necesidad de su eliminación mediante incineración(Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam), 2025b)

Nota: Actualmente, el inventario no estima este aprovechamiento dentro del Sector Energía debido a la falta de trazabilidad histórica, por lo que este flujo se prevé mejorar y contabilizar en Energía en el próximo ciclo.

Fracciones biogénicas (elementos informativos)

Incineración técnica biogénica (5.C.1.a): Esta subcategoría se reportó históricamente con un valor de 0,0 kt CO_2eq. De acuerdo con las Directrices del IPCC, las emisiones de CO_2 provenientes de materiales biogénicos son consideradas climáticamente neutras (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006a). Para el presente ciclo se estimaron las emisiones utilizando las Ecuaciones 5.1 y 5.2 del IPCC, obteniéndose un resultado de cero debido a que la Fracción de Carbono Fósil (FCF) de estos materiales es, por definición, nula. Aunque las

emisiones de CH_4 y N_2O de origen biogénico no son climáticamente neutras, para esta fuente específica se reportaron con la clave de notación NA (No aplica). Como resultado, el valor consolidado de la subcategoría permaneció en cero en las tablas de balance neto.

Incineración abierta biogénica (5.C.2.a.ii – Otros): Las emisiones de CO_2 derivadas de la quema no controlada de residuos biogénicos, particularmente residuos agrícolas quemados en campo, se reportaron mediante la clave de notación IE (Incluidas en otra parte). Estas emisiones se contabilizaron dentro de las categorías 3.F. Quema de residuos agrícolas y 4.IV. Quema de biomasa de los sectores Agricultura y LULUCF, respectivamente.

Incineración abierta (5.C.2)

La incineración abierta de residuos constituyó la principal fuente de emisiones de la categoría, representando el 96,8 % del total en 2024. Sus emisiones aumentaron de 795,6 kt CO_2eq en 1990 a 1.698,3 kt CO_2eq en 2024.

El incremento observado estuvo estrechamente relacionado con el crecimiento poblacional en áreas que presentaron limitaciones estructurales en la prestación del servicio de aseo. Para 2024, el 69,1 % de los municipios registró coberturas de aseo rural inferiores al 30 %(Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2025a), situación que favoreció la quema de residuos como mecanismo alternativo de disposición por parte de los hogares.

En esta subcategoría, las variaciones interanuales observadas no obedecieron a cambios tecnológicos o de eficiencia, dado que se trata de una práctica no controlada. En cambio, reflejaron principalmente la variabilidad de la información reportada por la Encuesta Nacional de Calidad de Vida (ECV), la cual permitió estimar el número de hogares que recurrieron a esta práctica para la gestión de sus residuos.

Tabla 7-20. Incineración y quema abierta de residuos: Emisiones totales de GEI por categoría (kt CO_2eq)

Subcategoría	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
5.C. Incineración e incineración abierta de residuos	**824,6**	**857,5**	**1.017,3**	**1.027,3**	**1.190,0**	**1.139,0**	**1.556,9**	**1.670,5**	**1.733,0**	**1.776,2**	**1.754,5**
5.C.1. Incineración de residuos	**28,9**	**33,5**	**37,7**	**40,8**	**44,0**	**78,0**	**73,8**	**76,3**	**83,2**	**64,8**	**56,2**
5.C.1.b. No biogénicos	28,9	33,5	37,7	40,8	44,0	78,0	73,8	76,3	83,2	64,8	56,2
5.C.1.b.ii Otros	28,9	33,5	37,7	40,8	44,0	78,0	73,8	76,3	83,2	64,8	56,2
5.C.1.b.ii.2. Residuos peligrosos	14,1	16,6	19,0	20,8	22,7	51,5	28,5	34,4	41,3	27,9	19,2
5.C.1.b.ii.3. Residuos hospitalarios	8,9	10,0	11,0	11,8	12,5	14,6	39,5	35,9	33,1	31,3	32,4
5.C.1.b.ii.5. Residuos líquidos fósiles	5,9	6,9	7,8	8,2	8,8	11,9	5,8	6,0	8,8	5,6	4,6
5.C.2. Incineración abierta de residuos	**795,6**	**824,0**	**979,6**	**986,5**	**1.146,0**	**1.061,0**	**1.483,1**	**1.594,2**	**1.649,8**	**1.711,5**	**1.698,3**
5.C.2.b. No biogénicos	795,6	824,0	979,6	986,5	1.146,0	1.061,0	1.483,1	1.594,2	1.649,8	1.711,5	1.698,3
5.C.2.b.i. Residuos sólidos municipales	795,6	824,0	979,6	986,5	1.146,0	1.061,0	1.483,1	1.594,2	1.649,8	1.711,5	1.698,3
Elementos informativos											
5.C.1.a. Biogénicos	**NO**	**NO**	**NO**	**NO**	**NO**	**NO**	**NO**	**NO**	**NO**	**NO**	**NO**
5.C.1.a.ii Otros	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO

Fuente: Elaboración propia.

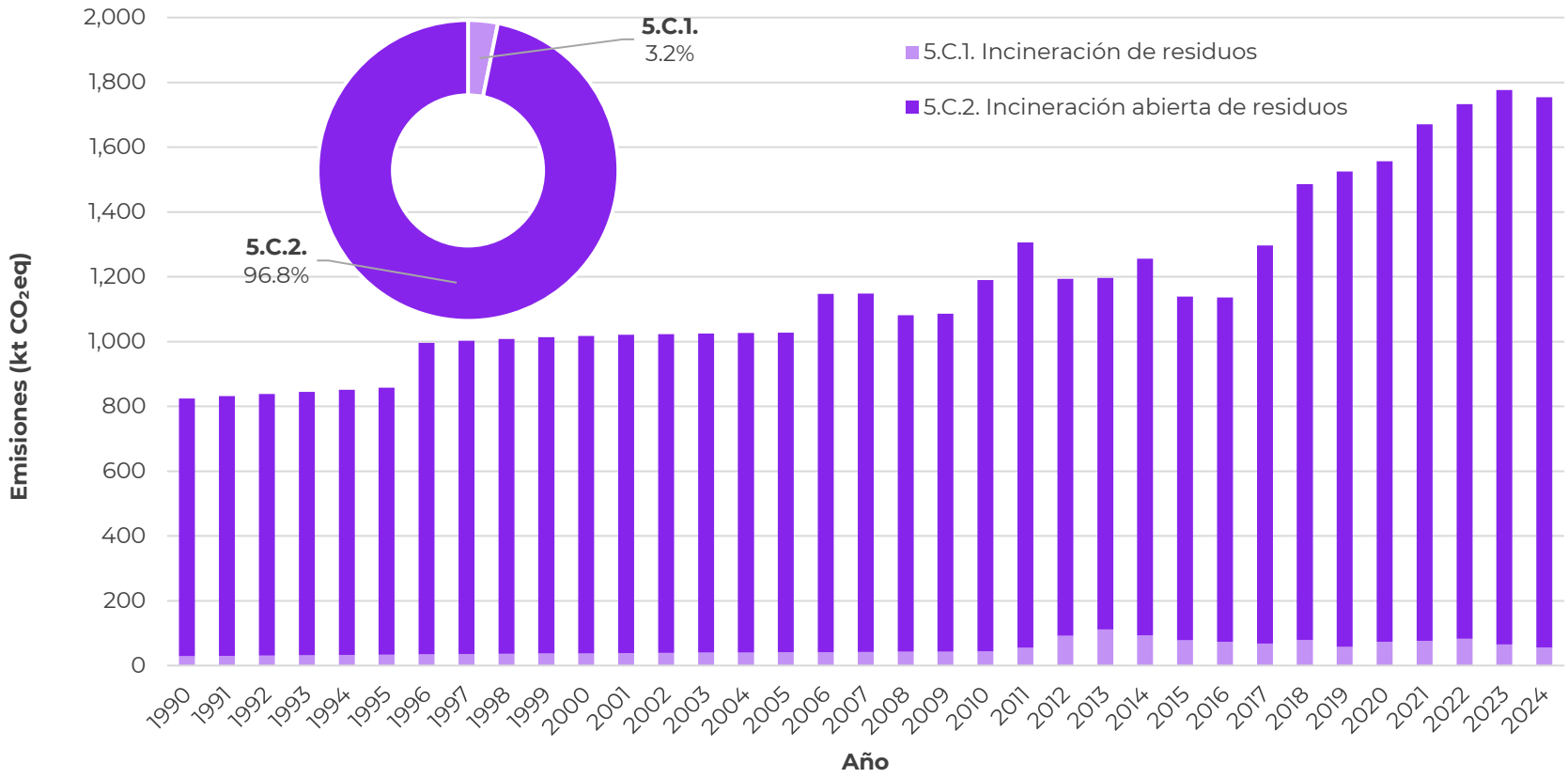


Figura 7-12. Incineración y quema abierta de residuos: Emisiones totales de GEI por subcategoría (kt CO_2eq), 1990-2024

Fuente: Elaboración propia

Durante el periodo 1990-2024, las emisiones totales de la categoría 5.C. Incineración y quema abierta de residuos experimentaron un crecimiento sostenido del 112,8 %, pasando de 824,6 kt a 1.754,5 kt CO_2eq (Tabla 7-21 y Figura 7-13). Esta trayectoria ascendente estuvo liderada por el dióxido de carbono (CO_2), el cual representó el 73,7 % de las emisiones de la categoría al cierre de la serie con 1.293,8 kt CO_2eq. El principal impulsor de este gas fue la quema abierta de residuos sólidos municipales (5.C.2), práctica que oxida el carbono de origen fósil contenido en plásticos, gomas y textiles sintéticos, especialmente en zonas rurales donde persisten brechas estructurales en la cobertura del servicio de aseo.

El comportamiento de los gases no CO_2, específicamente el metano (CH_4) y el óxido nitroso (N_2O), aportó el 26,3 % restante del balance sectorial. Estas emisiones estuvieron intrínsecamente ligadas a las condiciones de combustión incompleta y baja eficiencia térmica de la incineración abierta, por lo que su tendencia sigue fielmente el crecimiento demográfico en áreas sin recolección formal. En contraste, para la subcategoría de incineración controlada (5.C.1), el metano se clasificó como una fuente no estimada o mínima, bajo la premisa técnica de que las instalaciones industriales nacionales garantizan una oxidación completa que minimiza la liberación de este gas.

La decisión de no estimar emisiones de CH_4 y N_2O en la subcategoría 5.C.1 se fundamentó en la falta de información técnica detallada sobre el parque de incineradores nacionales (tecnología, temperatura y tiempos de residencia). Ante esta brecha, el inventario nacional asumió que las instalaciones industriales operan bajo condiciones controladas, lo que garantiza una oxidación completa de la masa del residuo y evita la generación significativa de gases de combustión incompleta. De acuerdo con las premisas del inventario, bajo condiciones técnicas óptimas de tratamiento térmico, las liberaciones de metano y óxido nitroso se consideraron nulas o mínimas frente a la magnitud del CO_2.

Tabla 7-21. Incineración y quema abierta de residuos: Emisiones totales de GEI (kt CO_2eq)

GEI	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
CO_2	608,3	633,5	751,0	759,2	878,7	850,9	1.154,5	1.238,1	1.285,4	1.312,0	1.293,8
CH_4	177,5	183,9	218,5	220,0	255,5	236,4	330,2	355,0	367,3	381,0	378,1
N_2O	38,8	40,2	47,7	48,1	55,8	51,6	72,1	77,5	80,2	83,2	82,6
Total	**824,6**	**857,5**	**1.017,3**	**1.027,3**	**1.190,0**	**1.139,0**	**1.556,9**	**1.670,5**	**1.733,0**	**1.776,2**	**1.754,5**

Fuente: Elaboración propia

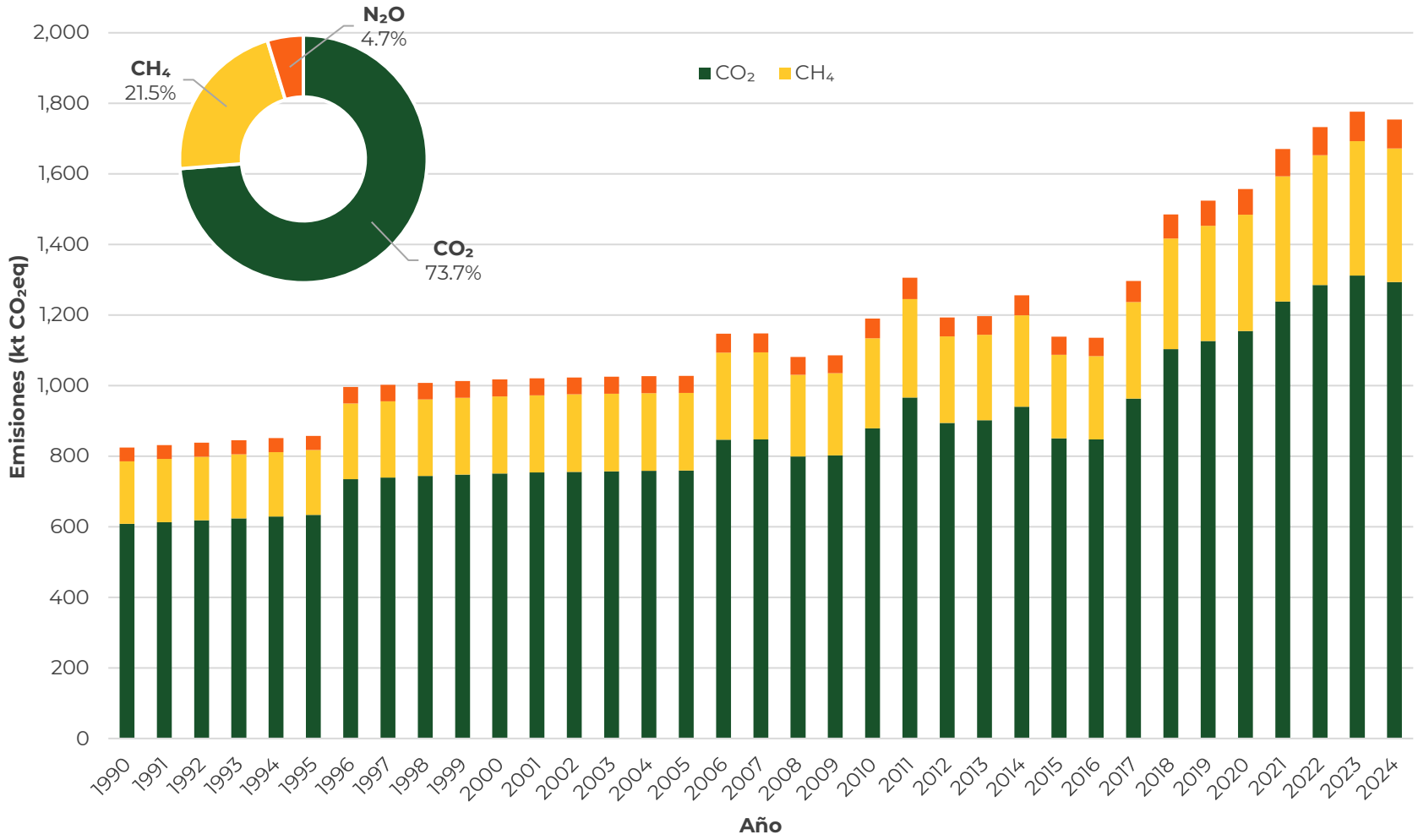


Figura 7-13. Incineración y quema abierta de residuos: Emisiones totales de GEI (kt CO_2eq), 1990-2024

Fuente: Elaboración propia

Con el objetivo de profundizar en la comprensión del impacto climático de esta categoría, en la Figura 7-14 se presenta un análisis detallado del año 2024. Este periodo funciona como un modelo representativo para observar cómo la naturaleza del residuo y la eficiencia del proceso térmico dictaron el perfil de los gases de efecto invernadero reportados. La distribución de las emisiones en 2024 evidenció una división técnica clara entre la incineración controlada y la quema abierta:

En los procesos de incineración técnica (5.C.1), que incluyeron residuos peligrosos, hospitalarios y líquidos fósiles, las emisiones se compusieron exclusivamente de CO_2 fósil. Esto respondió a una premisa metodológica fundamental: se asumió que las instalaciones industriales nacionales operan con altas temperaturas y tiempos de residencia óptimos que garantizan una combustión completa. Bajo estas condiciones de alta eficiencia, la formación de metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O) se considera nula o despreciable, razón por la cual no son objeto de estimación para esta subcategoría en el presente inventario.

En cuanto a las emisiones procedentes de la incineración controlada de residuos biogénicos (5.C.1.a), esta es considerada neutra (0,0 kt CO_2eq) por lo que se reportó bajo la clave de notación NO (no ocurre). Esto se explica porque la Fracción de Carbono Fósil (FCF) de estos materiales es cero por definición, asegurando que solo el carbono capturado previamente por la biomasa sea liberado, manteniendo la neutralidad del balance en el sector Residuos.

Por su parte, la quema abierta de residuos (5.C.2) constituyó la única fuente que aportó CH_4 (378,1 kt) y N_2O (82,6 kt) al balance total de la categoría. Al ser una práctica al aire libre y sin control de parámetros, la combustión es inherentemente incompleta y de baja eficiencia térmica. Esta ineficiencia es la que dispara la liberación de precursores climáticos y gases distintos al CO_2, convirtiendo a la quema rural en el principal desafío para la gestión de contaminantes no fósiles en el sector.

Este perfil subrayó que, mientras la incineración industrial es un emisor focalizado en carbono fósil oxidado, la quema abierta actuó como una fuente heterogénea que impactó el balance global a través de múltiples forzadores climáticos debido a la falta de control técnico en el proceso.

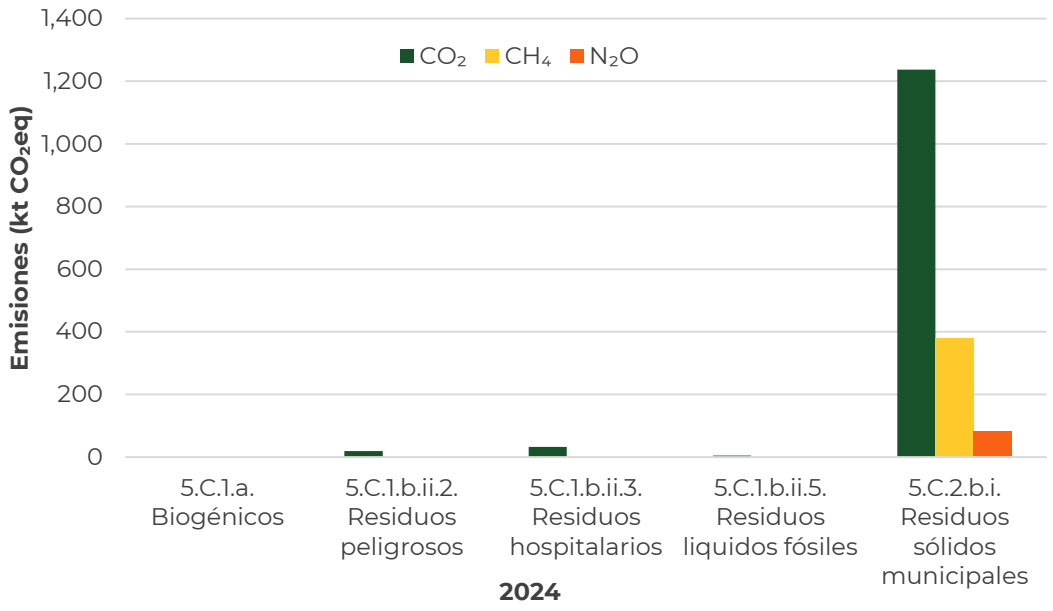


Figura 7-14. Incineración y quema abierta de residuos: Emisiones totales de GEI (kt CO_2eq) por subcategoría, 2024

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la Tabla 7-22 y Figura 7-15, a lo largo del periodo 1990-2024, las emisiones de contaminantes criterio y carbono negro (CN) en la categoría 5.C. Incineración e incineración abierta de residuos mostraron una trayectoria ascendente, caracterizada por una asimetría extrema entre las dos subcategorías que la integran. La tendencia del sector estuvo dictada casi en su totalidad por la quema abierta (5.C.2), la cual constituyó el origen de prácticamente la totalidad de la carga contaminante de este grupo debido a la ineficiencia térmica de la combustión no controlada frente a los procesos técnicos de la incineración industrial.

El monóxido de carbono (CO) se consolidó como el contaminante predominante durante toda la serie histórica, registrando un incremento del 112,7 % al pasar de 41,0 kt en 1990 a 87,2 kt en 2024 dentro de la subcategoría de

quema abierta, como consecuencia directa de la combustión incompleta de los residuos sólidos en zonas rurales y municipios alejados que carecen de servicio público de recolección, donde la población recurrió a esta práctica como estrategia de disposición final.

Bajo una trayectoria similar, las emisiones de compuestos orgánicos volátiles diferentes al metano (COVDM) y de óxidos de nitrógeno (NO_x) se duplicaron en el periodo analizado, situándose en 2024 en 31,2 kt y 6,2 kt respectivamente, siguiendo el ritmo de la expansión poblacional.

Por el contrario, la incineración técnica y controlada (5.C.1) reportó valores en órdenes de magnitud sustancialmente menores, frecuentemente expresados en notación científica, lo que demostró la efectividad de las condiciones controladas de temperatura y tiempos de residencia para minimizar la liberación de estos precursores. A pesar de su baja cuantía, esta subcategoría evidenció fluctuaciones operativas ligadas a hitos nacionales, como los picos registrados en CO (1,1E-02kt) y NO_x (1,3E-01 kt) durante el año 2020, comportamiento que respondió estrictamente al aumento en la incineración de residuos hospitalarios durante la emergencia sanitaria por COVID-19.

En cuanto al material particulado (PM_{10} y $PM_{2.5}$) y el carbono negro (CN), estas partículas registraron valores extremadamente bajos en comparación con otros sectores como Energía o Transporte, situándose generalmente por debajo de 0,1 kt en el balance total. Es destacable que la totalidad del material particulado fino reportado provino de la quema de desechos domésticos en la subcategoría 5.C.2, actividad que no cuenta con ningún tipo de mitigación o filtrado. Los registros históricos mostaron que tanto el PM_{10} como el $PM_{2.5}$ alcanzaron sus picos máximos en el año 2013 (con emisiones de 2,3E-04kt y 4,1E-04 kt respectivamente), para luego retornar a niveles más estables hacia el cierre de la serie en 2024.

Es fundamental señalar que la relación de masa entre estos contaminantes varió a través del tiempo debido a la diferenciación de fuentes estimadas y la disponibilidad de factores de emisión. Mientras que el material particulado se calculó de forma representativa para la quema abierta y los sitios de eliminación, el carbono negro se cuantificó específicamente para el flujo de residuos hospitalarios en la incineración controlada (donde se estimó en 1,5E-04 kt) y para la quema abierta doméstica. El hecho de que en diversos momentos de la serie el CN resultó inferior al $PM_{2.5}$ respondió a que el total de material particulado incluyó aportes de fuentes que no registran factores de emisión para carbono negro en las guías técnicas internacionales empleadas (European Environment Agency, 2019b). En conclusión, mientras la incineración industrial mantuvo emisiones de precursores en niveles de trazas marginales, la quema abierta rural persistió como el desafío crítico para la calidad del aire en el sector, aportando casi el 100 % de la carga de CO y material particulado del inventario de residuos.

Tabla 7-22. Incineración y quema abierta de residuos: Emisiones totales carbono negro y contaminantes criterio (kt)

Precursor	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
5.C.1. Incineración de residuos											
CO	3,1E-03	3,6E-03	4,0E-03	4,3E-03	4,5E-03	6,1E-03	1,1E-02	1,0E-02	9,9E-03	8,8E-03	8,9E-03
COVDM	8,8E-02	1,0E-01	1,2E-01	1,3E-01	1,4E-01	2,8E-01	1,8E-01	2,0E-01	2,4E-01	1,7E-01	1,3E-01
NO_x	3,8E-02	4,3E-02	4,8E-02	5,2E-02	5,5E-02	7,5E-02	1,3E-01	1,2E-01	1,2E-01	1,1E-01	1,1E-01
PM_{10}	7,5E-05	8,8E-05	1,0E-04	1,1E-04	1,2E-04	2,5E-04	1,4E-04	1,6E-04	2,0E-04	1,3E-04	9,5E-05
$PM_{2.5}$	4,3E-05	5,0E-05	5,7E-05	6,2E-05	6,8E-05	1,4E-04	7,8E-05	9,3E-05	1,1E-04	7,6E-05	5,5E-05
CN	4,5E-05	5,0E-05	5,6E-05	6,0E-05	6,3E-05	7,1E-05	1,7E-04	1,6E-04	1,5E-04	1,4E-04	1,5E-04
SO_2	7,3E-03	8,2E-03	9,1E-03	9,8E-03	1,0E-02	1,2E-02	2,8E-02	2,5E-02	2,4E-02	2,2E-02	2,3E-02
5.C.2. Incineración abierta de residuos											
CO	41,0	42,4	50,4	50,8	59,0	54,6	76,2	81,9	84,8	87,9	87,2
COVDM	14,6	15,2	18,0	18,1	21,1	19,5	27,2	29,3	30,3	31,4	31,2
NO_x	2,9	3,0	3,6	3,6	4,2	3,9	5,4	5,9	6,1	6,3	6,2
SO_x	4,9E-01	5,1E-01	6,0E-01	6,0E-01	7,0E-01	6,5E-01	9,1E-01	9,8E-01	1,0	1,0	1,0

Fuente: Elaboración propia

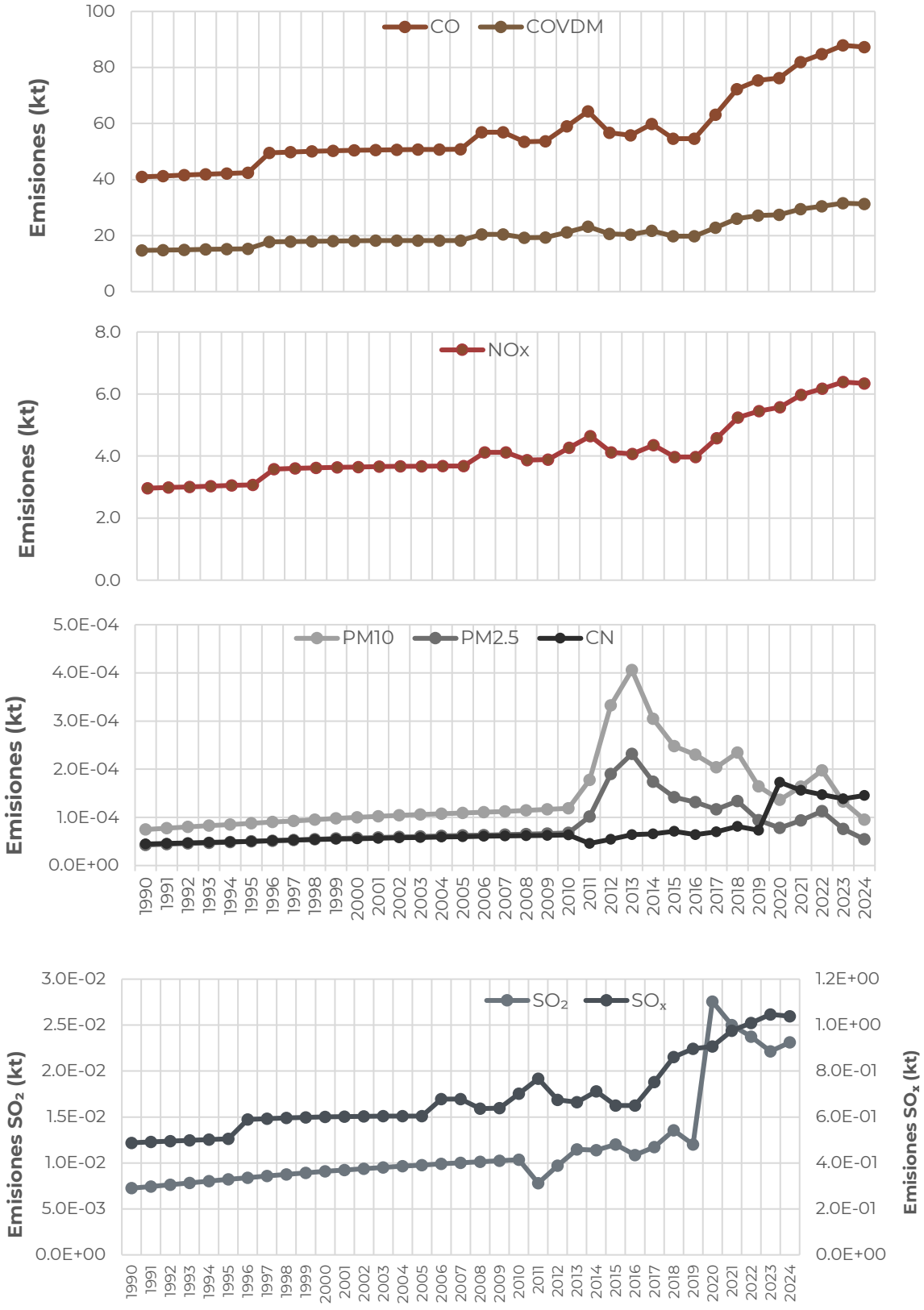


Figura 7-15. Incineración y quema abierta de residuos: Emisiones totales carbono negro y contaminantes criterio (kt), 1990-2024
Fuente: Elaboración propia

7.4.2 Aspectos metodológicos de la categoría

Las estimaciones de emisiones para la categoría 5.C. Incineración e incineración abierta de residuos en el inventario nacional se fundamentaron en un marco metodológico que integra las Directrices del IPCC de 2006 (Volumen 5, Capítulo 5) para los Gases de Efecto Invernadero (Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2006c) y la Guía EMEP/EEA 2019 (Parte B, Capítulo 5.C) para el carbono negro y contaminantes criterio(European Environment Agency, 2019e, 2019d, 2019a, 2019c). El país ha implementado una estructura de cálculo bajo un enfoque metodológico de nivel Tier 2a para la estimación del dióxido de carbono (CO_2) de origen fósil, lo que permitió una discriminación de la carga contaminante según la caracterización química y el origen de las corrientes de residuos tratadas térmicamente.

En la subcategoría de incineración técnica y controlada (5.C.1), el cálculo del CO_2 se nutrió de los registros del Registro de Generadores de Residuos o Desechos Peligrosos (RESPEL), capturando cantidades de residuos peligrosos tratados térmicamente. Para estos procesos, se utilizó la Ecuación 5.1 del Volumen 5, Capítulo 5 del IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2006c)para residuos sólidos y la Ecuación 5.3 para residuos líquidos fósiles, asumiendo una oxidación completa ($OF = 1$) debido a las altas temperaturas de los incineradores industriales nacionales. Por su parte, para la quema abierta (5.C.2), el inventario cuantificó el espectro completo de GEI (CO_2, CH_4 y N_2O), reconociendo que esta práctica al aire libre es una combustión incompleta y constituye la única fuente de gases no CO_2 en la categoría. Las emisiones de metano se estimaron con la Ecuación 5.4 y las de óxido nitroso con la Ecuación 5.5, ambas del Volumen (Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2006c), empleando factores de emisión por defecto ante la falta de caracterización técnica de los procesos de quema rural.

La determinación de la tasa de actividad para la quema abierta se realizó mediante un enfoque demográfico basado en la Ecuación 5.7 Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2006c), alimentada por las proyecciones de población del DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2023b) y la Encuesta de Calidad de Vida (ECV) (Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), 2025c). Una vez obtenida la masa de residuos, se aplicó la Ecuación 5.2 integrando el modelo de composición Colombia Landfill Gas Model(United States Environmental Protection Agency (U.S. EPA), 2010b).Esta información por tipo de material (papel, plástico, textiles, alimentos) se aplicó con una desagregación a escala departamental, lo que permitió que las estimaciones reflejan las particularidades del consumo y desecho en los diferentes territorios del país. No obstante, ante la ausencia de series históricas de caracterización física, se asumió una composición constante en el tiempo para cada departamento durante todo el periodo analizado.

Finalmente, para la estimación de las emisiones GEI, se integraron los parámetros de contenido de materia seca (dm_j), fracción de carbono total (CF_j) y fracción de carbono fósil (FCF_j) derivados del Cuadro 2.4 del Volumen 5, Capítulo 2 del IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2006c).

Para el carbono negro (CN) y los contaminantes criterio, se aplicó una metodología de Tier 1 basada en la relación lineal establecida en la Guía EMEP/EEA 2019 (Parte B, Capítulo 5.C, Ecuación 1). No obstante, el inventario ha refinado la selección de los factores de emisión para asegurar la representatividad nacional: para el flujo hospitalario se ha adoptado el FE de la Guía EMEP/EEA 2023 (European Environment Agency, 2023) siendo el único factor de la categoría acoplado a esta actualización internacional. En el caso de la quema abierta de residuos municipales, el país adoptó para sus estimaciones en los factores de EPA-AP-42, Capítulo 2.5 (United States Environmental Protection Agency (EPA), 1995) y el estudio de Akagi et al. (Akagi et al., 2011), garantizando que la carga de monóxido de carbono y material particulado reflejara la gestión de desechos domésticos en el territorio.

Finalmente, el inventario garantizó la neutralidad del carbono biogénico siguiendo las reglas de contabilidad sectorial. Las emisiones de CO_2 biogénico por incineración técnica (5.C.1.a) se reportaron con clve de notación NO, tras obtenerse un valor de 0,0 kt CO_2eq debido a que su fracción de carbono fósil es técnicamente cero. Para la quema abierta biogénica (5.C.2.a), se utilizó la clave de notación IE (Incluido en otro lugar), integrando formalmente estos flujos en los sectores de Agricultura (Categoría 3.F) y LULUCF (Categoría 4.IV), asegurando la consistencia en el balance nacional de carbono de la biomasa. Cualquier flujo destinado a aprovechamiento energético (operación R1) se separó para su futura contabilidad integral en el sector Energía (categoría 1.A).

A continuación, en la Tabla 7-23 se presentan los niveles metodológicos adoptados y las ecuaciones fundamentales utilizadas para la estimación de emisiones de gases de efecto invernadero y contaminantes criterio en la categoría 5.C. Incineración y quema abierta de residuos.

Tabla 7-23. Incineración y quema abierta de residuos: Aspectos metodológicos

Subcategoría	Contaminante	Nivel (Tier)	No. Ecuación	Ecuación	Fuente
5.C.1. Incineración de residuos	CO_2	2a	V5 Ch5 Ec. 5.1	$$\boldsymbol{Emisiones\ de\ CO_2} = \sum_i (\boldsymbol{SW_i * dm_i * CF_i * FCF_i * OF_i * 44/12})$$ Donde: $\boldsymbol{Emisiones\ de\ CO_2}$= emisiones de CO_2 durante el año del inventario, Kt/año $\boldsymbol{SW_i}$ = cantidad total de desechos sólidos de tipo i (peso húmedo) incinerados o quemados por incineración abierta, Kt/año $\boldsymbol{dm_i}$ = contenido de materia seca en los desechos (peso húmedo) incinerados o quemados por incineración abierta, (fracción) $\boldsymbol{CF_i}$ = fracción de carbono en la materia seca (contenido de carbono total), (fracción) $\boldsymbol{FCF_i}$= fracción de carbono fósil en el carbono total, (fracción) $\boldsymbol{OF_i}$ = factor de oxidación, (fracción) $\boldsymbol{44/12}$ = factor de conversión de Carbono (C) en CO_2 $\boldsymbol{i}$= tipo de desecho incinerado	IPCC, 2006
5.C.1.b.ii.5. Residuos líquidos fósiles	CO_2	2a	V5 Ch5 Ec. 5.3	$$\boldsymbol{Emisiones\ de\ CO_2} = \sum_i (\boldsymbol{AL_i * CL_i * OF_i * 44/12})$$ Donde: $\boldsymbol{Emisiones\ de\ CO_2}$ = Emisiones de CO_2 provenientes de la incineración de desechos fósiles líquidos, Kt $\boldsymbol{AL_i}$ = cantidad de desechos fósiles líquidos de tipo i incinerados, Kt/año $\boldsymbol{CL_i}$ = contenido de carbono de los desechos fósiles líquidos de tipo i incinerados, (fracción) $\boldsymbol{OF_i}$ = factor de oxidación, (fracción) $\boldsymbol{44/12}$ = factor de conversión de Carbono (C) en CO_2 $\boldsymbol{i}$= tipo de desecho incinerado	IPCC, 2006
5.C.2. Incineración abierta de residuos	DSMB	2a	V5 Ch5 Ec. 5.7	$$\boldsymbol{DSMB = P * Pfrac * PPC * Bfrac * Días * 10E-6}$$ $\boldsymbol{DSMB}$ = Cantidad total de residuos municipales quemados a cielo abierto (Kt/año) $\boldsymbol{P}$=Población total (municipal). $\boldsymbol{Pfrac}$ =Fracción de la población que quema residuos, (fracción) $\boldsymbol{PPC}$=Generación per cápita de residuos (kg/hab/día). $\boldsymbol{Bfrac}$ =Fracción de la cantidad de residuos quemados relativos al total de residuos tratados (fracción) $\boldsymbol{Días}$=Número de días al año (365 días)	IPCC, 2006
5.C.2. Incineración abierta de residuos	CO_2	2a	V5 Ch5 Ec. 5.2	$$\boldsymbol{Emisiones\ de\ CO_2} = \boldsymbol{DSM} * \sum_j (\boldsymbol{WF_j * dm_j * CF_j * FCF_j * OF_j * 44/12})$$ Donde: $\boldsymbol{Emisiones\ de\ CO_2}$= emisiones de CO_2 durante el año del inventario, Kt/año $\boldsymbol{DSMB}$ = Cantidad total de residuos municipales quemados a cielo abierto, Kt/año	IPCC, 2006

Subcategoría	Contaminante	Nivel (Tier)	No. Ecuación	Ecuación	Fuente
				WF_j = Fracción de tipo/material de residuo del componente j en los residuos sólidos. (En peso húmedo incinerados o quemados por incineración abierta) (Fracción) dm_j = contenido de materia seca en el componente j de los residuos sólidos quemados por incineración abierta. (Fracción) CF_j = fracción de carbono en la materia seca (es decir, contenido de carbono) del componente j. (Fracción) FCF_j= fracción de carbono fósil en el carbono total del componente j. (Fracción) OF_j = factor de oxidación. (Fracción) $44/12$ = factor de conversión de Carbono (C) en CO_2 j = Componente de los residuos sólidos sometidos a quema abierta.	
5.C.2. Incineración abierta de residuos	CH_4 **N_2O**	1	V5 Ch5 Ec. 5.4	$$Emisiones = \sum_i (IW_i \times EF_i) * 10E-6$$ Donde: $Emisiones$ = emisiones de CH_4 o N_2O durante el año del inventario, Kt/año IW_i: Cantidad de desechos tipo i quemados (Kt/año). EF_i: Factor de emisión de CH_4 o N_2O (kg/Kt)	IPCC, 2006
5.C.1. Incineración de residuos 5.C.2. Incineración abierta de residuos	CO, COVDM, **NO_x**, **PM_{10}**, **$PM_{2.5}$**, CN, **SO_2**, **SO_x**	1	Parte B Ch5.A. Ec.1	$$E_{contaminante} = TA * EF_{Contaminante}$$ Donde: $E_{ontaminante}$ = emisión anual del contaminante (kt). $EF_{Contaminante}$ = factor de emisión del contaminante. TA (Tasa de Actividad): Cantidad total anual de residuos sólidos incinerados o quemados a cielo abierto *El CN en la incineración técnica (5.C.1) se calcula como una fracción del material particulado (TSP)	EMEP/EEA, 2019 EMEP/EEA, 2023

Fuente: Elaboración propia, a partir de IPCC, 2006, EMEP/EEA, 2019 y EMEP/EEA, 2023.

7.4.2.1 Datos de actividad de la categoría

Los datos de actividad utilizados para la estimación de emisiones en la categoría 5.C Incineración e incineración abierta de residuos correspondieron a las cantidades anuales de residuos sometidos a tratamiento térmico controlado y a la masa de residuos sólidos municipales gestionados mediante quema abierta. La categoría comprendió residuos hospitalarios, residuos peligrosos, residuos líquidos de origen fósil y residuos sólidos municipales eliminados mediante combustión no controlada.

Para la subcategoría 5.C.1 Incineración de residuos, la principal fuente de información fue el Registro de Generadores de Residuos o Desechos Peligrosos (RESPEL) administrado por el Ideam, a partir del cual se extrajeron las cantidades de residuos gestionadas mediante operaciones de tratamiento térmico durante el período 2010–2024 (Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam), 2025c). Con el fin de garantizar la coherencia entre los registros administrativos nacionales y la estructura de reporte del IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2006d), se desarrolló una matriz de homologación de corrientes RESPEL que permitió clasificar los residuos en las subcategorías correspondientes del inventario (véase Figura 7-11).

Para asegurar la consistencia temporal de la serie histórica, se construyó una base de datos continua para el período 1990–2024. Los años 2010–2024 se sustentaron en información observada proveniente del sistema RESPEL, mientras que para el período 1990–2009 se implementaron procedimientos de reconstrucción histórica utilizando variables proxy y técnicas de retroproyección consistentes con las Directrices del IPCC para categorías con información histórica limitada (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006a).

En la subcategoría 5.C.2 Incineración abierta de residuos, la actividad fue estimada siguiendo el enfoque metodológico propuesto por las Directrices del IPCC para residuos sólidos municipales quemados a cielo abierto (Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2006d). La estimación integró información demográfica, indicadores de disposición de residuos provenientes de encuestas nacionales y parámetros de generación de residuos sólidos, permitiendo construir una serie temporal continua para el período 1990–2024.

Adicionalmente, para la estimación de las emisiones asociadas a la quema abierta se utilizaron parámetros de composición de residuos derivados del Colombia Landfill Gas Model (United States Environmental Protection Agency (U.S. EPA), 2010a), los cuales aportaron información diferenciada a escala departamental sobre las principales fracciones de residuos sólidos municipales.

La Tabla 7-24 presenta las fuentes de información de los datos de actividad utilizados en la categoría de Incineración y quema abierta de residuos (5.C), incluyendo los periodos de cobertura, las fuentes de información y las consideraciones metodológicas asociadas, tales como la aplicación de técnicas de empalme y recálculo de las series temporales.

Tabla 7-24. Incineración y quema abierta de residuos: Fuente de información de datos de actividad

Dato de actividad	Período	Fuente	Observación
5.C.1 Incineración de residuos			
Residuos hospitalarios sometidos a tratamiento térmico (5.C.1.a.ii y 5.C.1.b.ii.3)	1990–2009	Técnica de empalme: retroproyección basada en intensidades per cápita municipales calculadas a partir de registros RESPEL 2010 y población municipal DANE.	La serie histórica fue reconstruida mediante intensidades específicas por subcorriente y municipio. La retroproyección se efectuó únicamente para municipios con evidencia observada de generación en el año base, aplicando una máscara de existencia para evitar la creación artificial de actividad. Datos de actividad a nivel municipal.
	2010–2024	Registro de Generadores de Residuos o Desechos Peligrosos (RESPEL), Ideam.	Corresponde a datos observados de residuos gestionados mediante operaciones de tratamiento térmico. Las corrientes hospitalarias agregadas fueron desagregadas utilizando las proporciones observadas en 2018, primer año con estabilidad suficiente del esquema de reporte por subcorrientes. Datos de actividad a nivel municipal.
Residuos peligrosos sometidos a tratamiento térmico (5.C.1.b.ii.2)	1990–2009	Técnica de empalme: retroproyección basada en intensidades per cápita municipales calculadas a partir de registros RESPEL 2010 y población municipal DANE.	La reconstrucción histórica se desarrolló por corriente y municipio utilizando como variable sustituta la población municipal. La estimación se limitó a municipios con generación observada en el año base. Datos de actividad a nivel municipal.
	2010–2024	Registro de Generadores de Residuos o Desechos Peligrosos (RESPEL), Ideam.	Datos observados de residuos peligrosos gestionados mediante operaciones de eliminación por tratamiento térmico reportadas por generadores y gestores autorizados. Datos de actividad a nivel municipal.
Residuos líquidos fósiles sometidos a tratamiento térmico (5.C.1.b.ii.5)	1990–2009	Técnica de retroproyección basada en intensidades per cápita municipales calculadas a partir de registros RESPEL 2010 y población municipal DANE.	Incluyó aceites minerales usados y solventes orgánicos. La serie histórica fue reconstruida preservando la estructura espacial observada en el año base.
	2010–2024	Registro de Generadores de Residuos o Desechos Peligrosos (RESPEL), Ideam.	Corresponde a datos observados de aceites usados y solventes gestionados mediante tratamiento térmico. Datos de actividad a nivel municipal.
5.C.2 Quema abierta de residuos			
Fracción de población que practica quema abierta de residuos (Pfrac)	2008–2024	Encuesta Nacional de Calidad de Vida (ECV), DANE.	Corresponde a información declarada por los hogares sobre los métodos de disposición de residuos. Se utilizó para estimar la proporción de población que realiza quema abierta a nivel municipal.
	1990–2007	Técnica de empalme: Modelo de retroproyección (backcasting) basado en población urbana y rural municipal DANE.	El indicador se reconstruyó utilizando variables demográficas y de ruralidad para garantizar continuidad temporal con la serie observada posterior a 2008.
Generación per cápita de residuos (PPC)	1990-1995	Minvivienda, Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS 2015).	Ante la ausencia de estadísticas nacionales históricas sobre generación de residuos, se utilizaron como referencia los valores indicativos de producción per cápita recomendados por el RAS para municipios colombianos de complejidad baja y media, representativos de las condiciones predominantes del periodo.
	1996-2005	Minvivienda (RAS 2015) y DANE – Cuenta Ambiental y Económica de Residuos Sólidos.	Se construyó una serie de transición que enlaza gradualmente los valores de referencia del RAS con la evolución observada posteriormente en la Cuenta Ambiental y Económica de Residuos Sólidos, permitiendo una

Dato de actividad	Período	Fuente	Observación
			representación consistente de la dinámica de generación de residuos durante este periodo.
	2006-2015	DANE. Cuenta Ambiental y Económica de Residuos Sólidos.	Se utilizaron las estimaciones nacionales de residuos sólidos generados por habitante reportadas por la Cuenta Ambiental y Económica de Residuos Sólidos, reflejando la evolución observada de los patrones de generación de residuos a nivel nacional.
	2016-2024	SSPD-SUI, Informe de disposición final de residuos. Registros operativos SUI, Datos de disposición final	La serie se estimó a partir de los registros de disposición final de residuos y usuarios atendidos reportados al SUI, permitiendo representar el comportamiento reciente de la generación per cápita de residuos con base en información operativa observada del servicio público de aseo
Masa de residuos sometidos a quema abierta (DSMB)	1990–2024	Cálculo propio basado en la Ecuación 5.7 del IPCC 2006.	La estimación integró población total, fracción de población que realiza quema abierta, generación per cápita de residuos y fracción efectivamente quemada, siguiendo las Directrices IPCC 2006 para la subcategoría de quema abierta de residuos.
5.C. Incineración e incineración abierta de residuos			
Población total municipal	1990–2024	Proyecciones y retroproyecciones oficiales de población, DANE.	Variable utilizada tanto en la estimación de quema abierta de residuos como en la reconstrucción histórica de residuos sometidos a tratamiento térmico. Datos de población a nivel municipal.
Composición de residuos sólidos	2010	Colombia Landfill Gas Model v.1 (CLFGM).	Utilizada para asignar parámetros de materia seca y contenido de carbono fósil por componente del residuo. No se realizó una desagregación explícita de la actividad de quema abierta entre fracciones biogénicas y no biogénicas debido a la ausencia de estudios nacionales representativos sobre la composición de los residuos efectivamente sometidos a quema abierta. Datos de actividad a nivel departamental.

Nota: SSPD: Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios; SUI: Sistema Único de Información DANE: Departamento Administrativo Nacional de Estadística.
Fuente: Elaboración propia.

- **5.C.1. Incineración de residuos**

La recopilación y el procesamiento de los datos de actividad para la subcategoría 5.C.1. Incineración de residuos se estructuraron a partir de una estructura metodológica que garantizó la coherencia de la serie histórica 1990-2024. Para el periodo comprendido entre 2010 y 2024, la fuente primaria de información fue el Registro de Generadores de Residuos o Desechos Peligrosos (RESPEL), administrado por el Ideam (Capítulo 3, Sección 1) (Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam), 2025d).

A través de este sistema, se capturaron los volúmenes de residuos gestionados mediante tratamiento térmico bajo la operación de eliminación, asegurando que las cantidades reportadas correspondieran efectivamente a procesos de incineración técnica y pirólisis en instalaciones autorizadas (gestores y establecimientos). Para vincular los registros administrativos nacionales con el marco de reporte internacional, se empleó la homologación IPCC que se presenta a continuación en la Tabla 7-25 la cual permitió asociar de forma unívoca los códigos de las subcorrientes y corrientes del Convenio de Basilea con las subcategorías específicas de reporte del inventario.

Tabla 7-25. Homologación de subcorrientes y corrientes RESPEL con subcategorías IPCC utilizadas en la estimación de emisiones por incineración de residuos

Subcategoría IPCC	Subcorrientes / Corrientes RESPEL	Criterio de asignación	Justificación técnica
5.C.1.a.ii Otros residuos biogénicos	A4020.1, A4020.2, A4020.4, Y1.1, Y1.2, Y1.4, así como las corrientes agregadas A4020 y Y1.	Residuos de origen biológico procedentes de actividades de atención en salud o decomisos de origen animal, compuestos principalmente por tejidos, órganos, fluidos biológicos y otros materiales con carbono de biomasa reciente.	Estas corrientes contienen exclusivamente carbono biogénico y corresponden a residuos anatomopatológicos, biosanitarios y de origen animal. Su clasificación permite diferenciar explícitamente las emisiones derivadas de carbono biogénico de aquellas asociadas a carbono fósil.
5.C.1.b.ii.2 Residuos peligrosos	A1010, A1020, A1030, A1040, A1050, A1060, A1070, A1080, A1090, A1100, A1110, A1120, A1130, A1140, A1150, A1160, A1170, A1180, A2010, A2020, A2030, A2040, A2050, A2060, A3010, A3030, A3040, A3050, A3060, A3070, A3090, A3100, A3110, A3120, A3130, A3160, A3170, A3180, A3190, A3200, A4010, A4030, A4040, A4050, A4060, A4070, A4080, A4090, A4100, A4110, A4120, A4130, A4140, A4150, A4160, Y2, Y3, Y4, Y5, Y7, Y9, Y10, Y11, Y12, Y13, Y14, Y15, Y16, Y17, Y18, Y19, Y20, Y21, Y22, Y23, Y24, Y25, Y26, Y27, Y28, Y29, Y30, Y31, Y32, Y33, Y34, Y35, Y36, Y37, Y38, Y39, Y40, Y43, Y44 y Y45.	Corrientes definidas por el Convenio de Basilea y la normativa nacional como residuos peligrosos debido a su toxicidad, corrosividad, reactividad, inflamabilidad, ecotoxicidad o contenido de contaminantes peligrosos.	Incluye residuos industriales, farmacéuticos, plaguicidas, metales pesados, cianuros, catalizadores, PCB, lodos industriales, emulsiones contaminadas y otras corrientes cuya peligrosidad está asociada a su composición química. Se excluyeron expresamente los residuos hospitalarios y los residuos líquidos fósiles para evitar doble contabilización.
5.C.1.b.ii.3 Residuos hospitalarios	A4020.3 y Y1.3.	Residuos generados durante la prestación de servicios de salud cuya composición es predominantemente no biogénica.	Corresponde principalmente a residuos cortopunzantes y materiales clínicos asociados a la atención médica. Aunque se generan en establecimientos de salud, su composición y comportamiento durante la combustión difieren de los residuos anatomopatológicos y biosanitarios clasificados como biogénicos.
5.C.1.b.ii.5 Residuos líquidos fósiles	A3020, A3080, A3140, A3150, Y6, Y8, Y41 y Y42.	Corrientes constituidas por aceites minerales usados y solventes	Comprende lubricantes minerales fuera de especificación, solventes orgánicos halogenados y no

Subcategoría IPCC	Subcorrientes / Corrientes RESPEL	Criterio de asignación	Justificación técnica
		orgánicos derivados del petróleo.	halogenados y residuos procedentes de operaciones de recuperación de solventes. Estas corrientes presentan un contenido predominantemente fósil y fueron tratadas separadamente debido a que corresponden a una subcategoría específica de reporte IPCC.

Fuente: Elaboración propia.

La homologación fue desarrollada bajo un principio de exhaustividad y exclusividad mutua, mediante el cual cada corriente/subcorriente RESPEL fue asignada a una única subcategoría IPCC. Los criterios de clasificación consideraron el origen del carbono contenido en el residuo, la naturaleza de la corriente y los requerimientos de reporte establecidos por las Directrices del IPCC. Este procedimiento garantizó la trazabilidad completa entre los registros administrativos nacionales y las categorías internacionales de reporte, evitando simultáneamente la doble contabilización entre residuos peligrosos, hospitalarios y líquidos fósiles.

Debido a que el registro administrativo RESPEL consolidó su operatividad a partir del siguiente año tras la entrada en vigencia de la regulación nacional en el año 2009, el inventario nacional implementó protocolos avanzados de retroproyección para el periodo 1990-2009, superando así los vacíos de información histórica directa mediante técnicas de empalme alineadas con las Directrices del IPCC.

Para la subcategoría de residuos hospitalarios (5.C.1.b.ii.3), el tratamiento de los datos de actividad integró un procedimiento de desagregación técnica fundamental para separar las fracciones biogénicas de las no biogénicas, garantizando la precisión exigida por las Directrices del IPCC. Dado que en el sistema RESPEL la identificación detallada de las subcorrientes se consolidó apenas a partir del año 2017, el inventario adoptó las proporcionalidades observadas en este año para descomponer las corrientes agregadas (Y1 y A4020) de los años previos.

La reconstrucción histórica de los residuos hospitalarios requirió una secuencia metodológica compuesta por cuatro etapas complementarias. En primer lugar, se estabilizó la serie observada 2010–2016 mediante la aplicación retrospectiva de las proporciones de subcorrientes identificadas en 2018. Posteriormente, se calcularon intensidades per cápita específicas para cada subcorriente hospitalaria a nivel municipal utilizando el año 2010 como año base. En una tercera etapa, dichas intensidades fueron empleadas para retroproyectar la actividad durante el periodo 1990–2009 utilizando la población municipal como variable sustituta (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2023a). Finalmente, se implementó una máscara de existencia que restringió las estimaciones históricas únicamente a municipios con generación observada en el año base, evitando la creación artificial de actividad.

El inventario utilizó las proporciones observadas en 2018 como año de referencia para la desagregación de las corrientes hospitalarias agregadas. La selección de este año respondió a criterios de completitud, consistencia y estabilidad del reporte. Si bien la identificación explícita de subcorrientes comenzó en 2017, dicho periodo correspondió a la fase de transición entre el esquema histórico de reporte y la nueva estructura de clasificación. Los análisis exploratorios evidenciaron que el año 2018 presentaba una cobertura significativamente más consolidada de las subcorrientes hospitalarias, por lo que se consideró más representativo para derivar los coeficientes de desagregación aplicados al resto de la serie temporal.

Este enfoque permitió que la fracción biogénica fuera correctamente asignada a la subcategoría 5.C.1.a (con emisiones biogénicas netas de 0,0 kt CO_2 eq), mientras que los residuos hospitalarios no biogénicos se contabilizaron integralmente en la subcategoría 5.C.1.b.ii.3.

Para los residuos peligrosos industriales (5.C.1.b.ii.2) y los residuos líquidos fósiles (5.C.1.b.ii.5), la metodología de retroproyección fue equivalente a la descrita con anterioridad, garantizando así la consistencia de la actividad histórica para aquellos municipios donde se documentó empíricamente la generación y tratamiento térmico de estos residuos en el año base 2010. Al aplicar esta metodología, el inventario evitó la creación artificial de emisiones en territorios que no contaban con una base industrial o de servicios previa, cumpliendo con el principio de conservadurismo del IPCC.

Al igual que en el flujo hospitalario, se empleó la población municipal como variable sustituta para modelar la evolución de estos residuos no biogénicos entre 1990 y 2009, asegurando que la tendencia histórica guarde una relación proporcional con la dinámica demográfica de los centros urbanos industriales del país. De esta manera, el inventario nacional presenta una serie temporal de datos de actividad coherente que reflejan adecuadamente la evolución del tratamiento térmico de residuos peligrosos en Colombia.

- **5.C.2 Quema abierta de residuos**

La estimación de la masa de residuos sólidos municipales quemados en áreas abiertas (DSMB) se fundamentó en una integración metodológica que combinó el rigor demográfico de las proyecciones nacionales con modelos de retroproyección de comportamiento social. La persistencia de la quema abierta de residuos en determinadas zonas del país no debe interpretarse como una práctica autorizada, sino como una manifestación de brechas históricas en el acceso efectivo al servicio público de aseo. En consecuencia, la estimación de esta categoría tiene como propósito representar un flujo residual que continúa ocurriendo en determinados contextos territoriales, particularmente en zonas rurales dispersas y asentamientos con baja cobertura de servicios de gestión de residuos.

El cálculo de la tasa de actividad para la subcategoría 5.C.2 se rigió por la Ecuación 5.7 de las Directrices del IPCC de 2006 (Volumen 5, Capítulo 5), la cual permitió derivar la masa total de residuos quemados a partir de la población total (P), la fracción de la población que recurrió a la quema (Pfrac), la tasa de generación per cápita (PPC) y la fracción de residuos que efectivamente se queman (Bfrac). Para garantizar la consistencia de la serie temporal 1990-2024, el inventario aplicó un tratamiento diferenciado del indicador Pfrac en dos bloques cronológicos, evitando discontinuidades metodológicas que podrían derivarse del cambio en las fuentes de información. Para el periodo 2008-2024, los microdatos provinieron directamente de la Encuesta de Calidad de Vida (ECV) del DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), 2025c), las cuales capturaron la declaración de los hogares sobre sus métodos de manejo de desechos.

Ante la ausencia de encuestas directas para el periodo 1990-2007, el inventario nacional aplicó técnicas de empalme basadas en un procedimiento de retroproyección para reconstruir la serie histórica del indicador de quema. En consistencia con el tratamiento dado a la categoría 5.A, este modelo utilizó variables sustitutas (proxy) de naturaleza estructural, tales como la población municipal discriminada entre cabeceras y área rural dispersa (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2023a), para para modelar la fracción de población que quema residuos, en este sentido, el modelo asumió que los municipios pequeños y con mayor peso de población rural tuvieron una mayor propensión estructural a la quema debido a la inviabilidad técnica o económica de las rutas formales de recolección. Este procedimiento de armonización estadística aseguró que la tendencia de la serie temporal fuera suave y monótona, reflejando la transición gradual del país hacia mayores niveles de urbanización y cobertura de saneamiento básico, cumpliendo así con los criterios de coherencia y comparabilidad exigidos en el marco del BTR2.

La estimación de la generación per cápita de residuos (PPC) utilizada en la categoría 5.C.2 se desarrolló mediante la integración de múltiples fuentes nacionales de información, relacionadas de acuerdo con su disponibilidad, cobertura y representatividad para cada periodo de la serie histórica. La metodología combinó valores de referencia del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS) (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, 2015), información de la Cuenta Ambiental y Económica de Residuos Sólidos del DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), 2025b) y Registros del Informe de disposición final de residuos y Registros operativos del Sistema Unico de Información (SUI) (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD), 2025c). Esta estrategia permitió construir una serie temporal coherente con la evolución observada de la generación de residuos sólidos en Colombia y redujo la dependencia de supuestos constantes para todo el periodo de análisis. Este enfoque constituyó una mejora metodológica respecto al BTR1.

La composición de residuos utilizada en la categoría 5.C.2 se derivó del Colombia Landfill Gas Model (United States Environmental Protection Agency (U.S. EPA), 2010a), con el propósito de representar las características generales de los residuos sólidos municipales (presentados en la Tabla 7-13). No obstante, el inventario no efectuó una desagregación explícita de la actividad de quema abierta entre fracciones biogénicas y no biogénicas, debido a la ausencia de información que permita caracterizar de manera representativa la composición de los residuos efectivamente sometidos a quema abierta. Aunque existe evidencia nacional e internacional que sugiere que las prácticas de disposición de residuos en áreas rurales pueden diferir de la composición promedio de los residuos generados, actualmente no se dispone de estudios específicos que permitan cuantificar esta diferencia a escala nacional y con la cobertura requerida para sustentar una asignación consistente de las fracciones de carbono biogénico y fósil, quedando como oportunidad de mejora para furos ciclos.

En consecuencia, el inventario adoptó un enfoque conservador y transparente, evitando incorporar supuestos adicionales que no pudieran ser respaldados mediante información empírica verificable. La actividad fue estimada utilizando la mejor información disponible sobre generación y quema de residuos, manteniendo la consistencia temporal de la serie histórica. Como oportunidad de mejora, se identificó que la generación de información adicional sobre la composición y características de los residuos sometidos a quema abierta, especialmente en municipios rurales y zonas con cobertura limitada de servicios de recolección, podría aportar elementos para evaluar la pertinencia de desarrollar una desagregación explícita entre las fracciones biogénicas y no biogénicas de los residuos, así como para reducir la incertidumbre asociada a las estimaciones de esta categoría.

En la Tabla 7-26 se presentan los datos de actividad de la categoría 5.C. Incineración y quema abierta de residuos.

Tabla 7-26. Incineración y quema abierta de residuos: datos de actividad por fuente de GEI, carbono negro y contaminantes criterio.

Año	5.C.1.a.ii Otros			5.C.1.b.ii Otros					5.C.1. Incineración de residuos	5.C.2. Incineración abierta de residuos	
	Biogénicos - animales	Biogénicos - hospitalarios	Total Biogénicos	No biogénicos - peligrosos	No biogénicos - hospitalarios	No biogénicos - aceites usados	No biogénicos - solventes	Total No biogénicos	Cantidad total de residuos incinerados	Población total	Cantidad total de residuos incinerados por quema abierta
	kt	kt	kt	kt	kt	kt	kt	kt	kt	Cápita	kt
1990	0,1	2,4	***2,5***	8,6	10,1	1,7	0,3	***20,7***	***23,2***	33.268.154	***975,5***
1991	0,1	2,5	***2,6***	8,8	10,4	1,8	0,3	***21,3***	***23,9***	33.840.991	***982,6***
1992	0,1	2,5	***2,7***	9,1	10,6	1,8	0,3	***21,9***	***24,6***	34.425.915	***989,7***
1993	0,1	2,6	***2,7***	9,5	10,9	1,9	0,3	***22,6***	***25,3***	35.032.308	***997,0***
1994	0,1	2,7	***2,8***	9,8	11,1	2,0	0,3	***23,2***	***26,0***	35.629.174	***1.003,8***
1995	0,1	2,7	***2,9***	10,0	11,4	2,0	0,3	***23,8***	***26,7***	36.229.830	***1.010,3***
1996	0,1	2,8	***3,0***	10,3	11,6	2,1	0,3	***24,4***	***27,3***	36.830.574	***1.179,1***
1997	0,1	2,9	***3,0***	10,6	11,9	2,1	0,3	***25,0***	***28,0***	37.426.532	***1.185,7***
1998	0,1	2,9	***3,1***	10,9	12,1	2,2	0,4	***25,5***	***28,6***	38.012.359	***1.191,6***
1999	0,1	3,0	***3,2***	11,3	12,3	2,2	0,4	***26,2***	***29,3***	38.585.016	***1.196,7***
2000	0,1	3,1	***3,2***	11,5	12,5	2,3	0,4	***26,7***	***29,9***	39.140.080	***1.200,8***
2001	0,1	3,1	***3,3***	11,7	12,7	2,3	0,4	***27,2***	***30,4***	39.674.811	***1.204,0***
2002	0,2	3,2	***3,3***	12,0	12,9	2,4	0,4	***27,6***	***30,9***	40.190.679	***1.206,2***
2003	0,2	3,2	***3,4***	12,2	13,1	2,4	0,4	***28,0***	***31,4***	40.693.254	***1.207,8***
2004	0,2	3,3	***3,4***	12,4	13,3	2,4	0,4	***28,4***	***31,9***	41.188.093	***1.208,7***
2005	0,2	3,3	***3,5***	12,6	13,4	2,4	0,4	***28,8***	***32,3***	41.671.878	***1.209,0***
2006	0,2	3,4	***3,5***	12,8	13,6	2,4	0,4	***29,3***	***32,8***	42.170.126	***1.355,4***
2007	0,2	3,4	***3,6***	13,0	13,8	2,5	0,4	***29,7***	***33,2***	42.658.630	***1.355,1***
2008	0,2	3,4	***3,6***	13,3	13,9	2,5	0,4	***30,1***	***33,7***	43.134.017	***1.272,8***
2009	0,2	3,5	***3,6***	13,5	14,1	2,5	0,4	***30,5***	***34,1***	43.608.630	***1.277,4***
2010	0,2	3,5	***3,7***	13,8	14,2	2,6	0,4	***31,0***	***34,6***	44.086.292	***1.404,0***
2011	0,1	2,1	***2,2***	22,0	10,1	3,0	0,3	***35,4***	***37,6***	44.553.416	***1.532,7***
2012	0,2	2,2	***2,4***	44,5	11,6	2,3	0,5	***58,9***	***61,3***	45.001.571	***1.349,1***
2013	0,2	2,4	***2,6***	54,5	13,8	2,8	0,5	***71,6***	***74,2***	45.434.942	***1.328,8***
2014	0,2	2,7	***2,9***	36,6	14,6	6,3	0,5	***58,0***	***60,8***	45.866.010	***1.424,0***
2015	0,1	2,6	***2,7***	31,2	16,6	3,7	0,4	***51,9***	***54,6***	46.313.898	***1.299,1***
2016	0,2	2,3	***2,5***	27,6	14,9	4,5	0,5	***47,6***	***50,1***	46.830.116	***1.300,4***
2017	0,2	2,3	***2,6***	24,3	16,9	3,8	0,7	***45,7***	***48,3***	47.419.200	***1.504,1***
2018	0,2	3,5	***3,7***	27,4	18,7	5,2	0,7	***52,0***	***55,7***	48.258.494	***1.721,4***
2019	0,3	2,6	***2,9***	19,9	17,6	2,5	0,7	***40,7***	***43,7***	49.266.526	***1.794,9***
2020	0,2	4,4	***4,6***	17,3	44,9	1,3	0,7	***64,2***	***68,8***	50.390.790	***1.814,5***
2021	0,4	3,5	***4,0***	20,9	40,8	1,6	0,4	***63,7***	***67,6***	51.115.637	***1.950,3***
2022	0,2	3,9	***4,1***	25,0	37,7	2,1	0,9	***65,6***	***69,8***	51.643.565	***2.018,2***
2023	0,2	3,8	***4,0***	16,9	35,6	1,3	0,6	***54,4***	***58,3***	52.117.067	***2.093,5***
2024	0,4	4,8	***5,3***	11,6	36,8	1,0	0,5	***50,0***	***55,3***	52.613.753	***2.077,3***

Fuente: Elaboración propia.

7.4.2.2 Factores de emisión aplicados en la categoría

La estimación de emisiones de la categoría 5.C Incineración e incineración abierta de residuos se realizó mediante la combinación de factores de emisión y parámetros de caracterización de residuos provenientes de las Directrices del IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2006c), la Guía EMEP/EEA para inventarios de emisiones atmosféricas (European Environment Agency, 2019j; European Environment Agency (EEA), 2019a), la metodología AP-42 (United States Environmental Protection Agency (EPA), 1995) y fuentes técnicas específicas utilizadas para representar determinados flujos de residuos. La selección de los factores respondió a la disponibilidad de información para las distintas subcategorías y contaminantes, priorizando las fuentes metodológicas recomendadas internacionalmente para inventarios nacionales.

Para la subcategoría 5.C.1 Incineración de residuos, las emisiones de CO_2 se estimaron utilizando los parámetros de contenido de carbono, fracción de carbono fósil, factor de oxidación y factor de conversión de carbono a dióxido de carbono establecidos en las Directrices del IPCC 2006. Dado que el IPCC (2006) no proporciona un valor por defecto para el contenido de carbono (CF) de residuos animales, se adoptó un enfoque Tier 2 basado en información reportada en la literatura científica. Considerando valores observados para biomasa animal, incluyendo el contenido de carbono de 43,1 % reportado para estiércol bovino (cow dung) por Olugbemi et al. (2022), y su consistencia con los rangos de carbono reportados para este tipo de materiales, se adoptó un valor representativo de 50 % para las estimaciones del inventario (Olugbemi et al., 2022). Para la estimación de contaminantes criterio y carbono negro se emplearon factores de emisión provenientes de la Guía EMEP/EEA (European Environment Agency, 2019h), diferenciados según el tipo de residuo incinerado (residuos biogénicos, residuos hospitalarios, residuos peligrosos y residuos líquidos fósiles).

Para la subcategoría 5.C.2 Incineración abierta de residuos, la estimación de las emisiones de CO_2 se desarrolló siguiendo el enfoque de balance de carbono propuesto por el IPCC, utilizando parámetros diferenciados de contenido de materia seca (dm), fracción de carbono en materia seca (CF), fracción de carbono fósil (FCF) y factor de oxidación (OF) para cada una de las principales fracciones de residuos sólidos municipales. Estos parámetros fueron aplicados conjuntamente con la composición de residuos utilizada por el inventario nacional. Las emisiones de CH_4 y N_2O se calcularon mediante los factores de emisión por defecto establecidos por las Directrices del IPCC 2006 para la quema abierta de residuos. Por su parte, los factores de emisión de contaminantes criterio (CO, NO_x, SO_2, COVDM y PST) se obtuvieron de la metodología AP-42 de la US EPA para residuos sólidos municipales sometidos a quema abierta.

Adicionalmente, la caracterización de la composición de residuos sólidos utilizada en la categoría 5.C se fundamentó en la información departamental disponible en el Colombia Landfill Gas Model (United States Environmental Protection Agency (U.S. EPA), 2010a), lo que permitió representar las diferencias regionales en la composición de los residuos y mejorar la consistencia entre las categorías de gestión de residuos del inventario nacional.

La categoría 5.C incorporó una actualización de los factores utilizados para contaminantes criterio asociados a la quema abierta de residuos. En particular, se adoptaron los factores de emisión de la metodología US EPA AP-42, Capítulo 2.5 Open Burning (United States Environmental Protection Agency (EPA), 1995), los cuales son específicos para residuos sólidos municipales y presentaron una mejor correspondencia con la naturaleza de la actividad representada en la categoría 5.C.2. Asimismo, se fortaleció la caracterización de residuos empleada en la estimación de CO_2 mediante la incorporación explícita de parámetros diferenciados por componente de residuo y la utilización de composiciones regionalizadas derivadas del Colombia Landfill Gas Model, mejorando la representatividad y trazabilidad de las estimaciones.

La Tabla 7-27 presenta los factores de emisión y parámetros empleados en la estimación de emisiones de las categorías 5.C.1 Incineración de residuos y 5.C.2 Incineración abierta de residuos.

Tabla 7-27. Incineración y quema abierta de residuos: factores de emisión aplicados por fuente de GEI, carbono negro y contaminantes criterio

Subcategoría IPCC	Fuente FE	Nivel (Tier)	Clasif.		Cont	Valor	Unidad
5.C.1.a.ii Otros	Olugbemi et al., 2022	2a	Biogénicos - animales	Contenido de carbono total (CF)	CO_2	0,5	Fracción
	IPCC, 2006 Cu.5.2 V.5 Ch.5	2a	Biogénicos - animales	Fracción de carbono fósil (FCF)	CO_2	0,0	Fracción
		2a	Biogénicos - animales	Factor de oxidación (OF)	CO_2	1,0	Fracción
		2a	Biogénicos - animales	Factor de conversión C a CO_2 (44/12)	CO_2	3,67	Adimensional
	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch. 5C1b	1	Biogénicos - animales	FE CO	CO	7,07E-02	kg/t
		1	Biogénicos - animales	FE COVDM	COVDM	7,4	kg/t
		1	Biogénicos - animales	FE NO_x	NO_x	0,87	kg/t
		1	Biogénicos - animales	FE SO_2	SO_2	4,7E-02	kg/t
		1	Biogénicos - animales	FE PST	PST	1,0E-02	kg/t
		1	Biogénicos - animales	FE $PM_{2.5}$	$PM_{2.5}$	4,0E-03	kg/t
		1	Biogénicos - animales	FE PM_{10}	PM_{10}	7,0E-03	kg/t
	IPCC, 2006 Cu.5.2 V.5 Ch.5	2a	Biogénicos - hospitalarios	Contenido de carbono total (CF)	CO_2	0,6	Fracción
		2a	Biogénicos - hospitalarios	Fracción de carbono fósil (FCF)	CO_2	0,0	Fracción
		2a	Biogénicos - hospitalarios	Factor de oxidación (OF)	CO_2	1,0	Fracción
		2a	Biogénicos - hospitalarios	Factor de conversión C a CO_2 (44/12)	CO_2	3,67	Adimensional
	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.5C1biii	1	Biogénicos - hospitalarios	FE CO	CO	0,19	kg/t
		1	Biogénicos - hospitalarios	FE COVDM	COVDM	0,7	kg/t
		1	Biogénicos - hospitalarios	FE NO_x	NO_x	2,3	kg/t
		1	Biogénicos - hospitalarios	FE SO_2	SO_2	5,4E-01	kg/t
	EMEP/EEA, 2023 Part. B Ch.5C1biii	1	Biogénicos - hospitalarios	FE PST	PST	1,5E-01	kg/t
5.C.1.b.ii.2 Residuos peligrosos	IPCC, 2006 Cu.5.2 V.5 Ch.5	2a	No biogénicos - peligrosos	Contenido de carbono total (CF)	CO_2	0,5	Fracción
		2a	No biogénicos - peligrosos	Fracción de carbono fósil (FCF)	CO_2	0,9	Fracción
		2a	No biogénicos - peligrosos	Factor de oxidación (OF)	CO_2	1,0	Fracción

Subcategoría IPCC	Fuente FE	Nivel (Tier)	Clasif.		Cont	Valor	Unidad
		2a	No biogénicos - peligrosos	Factor de conversión C a CO_2 (44/12)	CO_2	3,67	Adimensional
	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch. 5C1b	1	No biogénicos - peligrosos	FE CO	CO	7,0E-02	kg/t
		1	No biogénicos - peligrosos	FE COVDM	COVDM	7,4	kg/t
		1	No biogénicos - peligrosos	FE NO_x	NO_x	0,87	kg/t
		1	No biogénicos - peligrosos	FE SO_2	SO_2	4,7E-02	kg/t
5.C.1.b.ii.3 Residuos hospitalarios	IPCC, 2006 Cu.5.2 V.5 Ch.5	2a	No biogénicos - hospitalarios	Contenido de carbono total (CF)	CO_2	0,6	Fracción
		2a	No biogénicos - hospitalarios	Fracción de carbono fósil (FCF)	CO_2	0,4	Fracción
		2a	No biogénicos - hospitalarios	Factor de oxidación (OF)	CO_2	1,0	Fracción
		2a	No biogénicos - hospitalarios	Factor de conversión C a CO_2 (44/12)	CO_2	3,67	Adimensional
	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch.5C1biii	1	No biogénicos - hospitalarios	FE CO	CO	1,9E-01	kg/t
		1	No biogénicos - hospitalarios	FE COVDM	COVDM	0,7	kg/t
		1	No biogénicos - hospitalarios	FE NO_x	NO_x	2,3	kg/t
	EMEP/EEA 2023 Part. B Ch.5C1biii	1	No biogénicos - hospitalarios	FE PST	PST	1,5E-01	kg/t
5.C.1.b.ii.5 Residuos líquidos	IPCC, 2006 Cu.5.2 V.5 Ch.5	2a	No biogénicos - aceites usados y solventes	Contenido de carbono total (CL)	CO_2	0,8	Fracción
		2a	No biogénicos - aceites usados y solventes	Factor de oxidación (OF)	CO_2	1,0	Fracción
		2a	No biogénicos - aceites usados y solventes	Factor de conversión C a CO_2 (44/12)	CO_2	3,67	Adimensional
	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch. 5C1b	1	No biogénicos - aceites usados y solventes	FE CO	CO	7,0E-02	kg/t
		1	No biogénicos - aceites usados y solventes	FE COVDM	COVDM	7,4	kg/t
		1	No biogénicos - aceites usados y solventes	FE NO_x	NO_x	0,87	kg/t
		1	No biogénicos - aceites usados y solventes	FE SO_2	SO_2	4,7E-02	kg/t
5.C.2.b.i Residuos sólidos municipales	IPCC, 2006 Cu.2.4 V.5 Ch.2	2a	Comida	Contenido de materia seca (dm)	CO_2	0,4	Fracción

Subcategoría IPCC	Fuente FE	Nivel (Tier)	Clasif.		Cont	Valor	Unidad
		2a	Comida	Fracción de carbono en materia seca (CF)	CO_2	0,38	Fracción
		2a	Comida	Fracción de carbono fósil (FCF)	CO_2	1	Fracción
		2a	Comida	Factor de oxidación (OF)	CO_2	0,58	Fracción
		2a	Jardín y poda	Contenido de materia seca (dm)	CO_2	0,4	Fracción
		2a	Jardín y poda	Fracción de carbono en materia seca (CF)	CO_2	0,49	Fracción
		2a	Jardín y poda	Fracción de carbono fósil (FCF)	CO_2	1	Fracción
		2a	Jardín y poda	Factor de oxidación (OF)	CO_2	0,58	Fracción
		2a	Papel y cartón	Contenido de materia seca (dm)	CO_2	0,9	Fracción
		2a	Papel y cartón	Fracción de carbono en materia seca (CF)	CO_2	0,46	Fracción
		2a	Papel y cartón	Fracción de carbono fósil (FCF)	CO_2	1,0E-02	Fracción
		2a	Papel y cartón	Factor de oxidación (OF)	CO_2	0,58	Fracción
		2a	Madera	Contenido de materia seca (dm)	CO_2	0,85	Fracción
		2a	Madera	Fracción de carbono en materia seca (CF)	CO_2	0,5	Fracción
		2a	Madera	Fracción de carbono fósil (FCF)	CO_2	1,0	Fracción
		2a	Madera	Factor de oxidación (OF)	CO_2	0,58	Fracción
		2a	Textiles	Contenido de materia seca (dm)	CO_2	0,8	Fracción
		2a	Textiles	Fracción de carbono en materia seca (CF)	CO_2	0,5	Fracción
		2a	Textiles	Fracción de carbono fósil (FCF)	CO_2	0,2	Fracción
		2a	Textiles	Factor de oxidación (OF)	CO_2	0,58	Fracción
		2a	Pañales desechables	Contenido de materia seca (dm)	CO_2	0,4	Fracción
		2a	Pañales desechables	Fracción de carbono en materia seca (CF)	CO_2	0,7	Fracción

Subcategoría IPCC	Fuente FE	Nivel (Tier)	Clasif.		Cont	Valor	Unidad
		2a	Pañales desechables	Fracción de carbono fósil (FCF)	CO_2	1,0E-01	Fracción
		2a	Pañales desechables	Factor de oxidación (OF)	CO_2	0,58	Fracción
		2a	Plásticos y otros inertes	Contenido de materia seca (dm)	CO_2	1,0	Fracción
		2a	Plásticos y otros inertes	Fracción de carbono en materia seca (CF)	CO_2	7,5E-01	Fracción
		2a	Plásticos y otros inertes	Fracción de carbono fósil (FCF)	CO_2	1,0	Fracción
		2a	Plásticos y otros inertes	Factor de oxidación (OF)	CO_2	0,58	Fracción
		2a	Todos los residuos	Factor de conversión C a CO_2 (44/12)	CO_2	3,67	Adimensional
	IPCC, 2006 Ec.5.7 V.5 Ch.5	2a	Todos los residuos	Número de días al año	CO_2	365	días
	Minvienda, 2015	2a	1990-1995	Generación per cápita de residuos	CO_2	0,5	kg/cápita/día
	Minvienda, 2015 - DANE	2a	1996-2005	Generación per cápita de residuos	CO_2	0,58	kg/cápita/día
	DANE	2a	2006-2015	Generación per cápita de residuos	CO_2	0,65	kg/cápita/día
	SSPD-SUI	2a	2016-2024	Generación per cápita de residuos	CO_2	0,68	kg/cápita/día
	IPCC, 2006 Cu.5.3 V.5 Ch.5	1	Todos los residuos	Factor de emisión	CH_4	6.500	kg CH_4/kt residuo
	IPCC, 2006 Cu.5.6 V.5 Ch.5	1	Todos los residuos	Factor de emisión	N_2O	150,0	kg N_2O/kt residuo
	US EPA AP-42 Ap.42 Ch. 2.5 Cu. 2.5-1	1	Todos los residuos	Factor de emisión	CO	42,0	kg/t residuo
		1	Todos los residuos	Factor de emisión	COVDM	15,0	kg/t residuo
		1	Todos los residuos	Factor de emisión	NO_x	3,0	kg/t residuo
		1	Todos los residuos	Factor de emisión	SO_2	0,5	kg/t residuo
		1	Todos los residuos	Factor de emisión	PST	8,0	kg/t residuo
5.C. Incineración e incineración abierta de residuos	GMI, 2010	2a	Composición de residuos sólidos	Por tipo	CO_2	Por departamento	Fracción

Nota: Cont: Contaminante. Clasif: Clasificación del factor.

Fuente: Elaboración a partir de Olugbemi et al. (2022), EMEP/EEA (2019, 2023), IPCC (2006), US EPA AP-42; Global Methane Iniciative (2010), Minvienda (2015), DANE y SSPD.

7.4.3 Descripción de flexibilidad aplicada en la categoría

No se aplicó ninguna flexibilidad.

7.4.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría

Tabla 7-28. Resultados de incertidumbre (%) por propagación del error para 5.C. Eliminación de residuos sólidos

Subcategoría	Cont	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
5.C. Incineración e incineración abierta de desechos	Todos	3,5	3,7	3,9	3,9	3,6	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4
5.C. Incineración e incineración abierta de desechos	CH4	9,3	9,8	10,2	10,3	9,8	9,6	9,4	9,4	9,4	9,3	9,3
5.C. Incineración e incineración abierta de desechos	CO2	3,9	4,1	4,3	4,4	3,9	3,6	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7
5.C. Incineración e incineración abierta de desechos	N2O	9,3	9,8	10,2	10,3	9,8	9,6	9,4	9,4	9,4	9,3	9,3
5.C.1. Incineración de residuos	CO2	5,7	5,9	6,0	5,9	2,7	3,8	2,0	2,3	2,4	2,2	1,7
5.C.1.b. No biogénico	CO2	5,7	5,9	6,0	5,9	2,7	3,8	2,0	2,3	2,4	2,2	1,7
5.C.2. Incineración abierta de residuos	Todos	3,6	3,9	4,0	4,0	3,7	3,6	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
5.C.2. Incineración abierta de residuos	CH4	9,3	9,8	10,2	10,3	9,8	9,6	9,4	9,4	9,4	9,3	9,3
5.C.2. Incineración abierta de residuos	CO2	4,1	4,3	4,5	4,5	4,0	3,9	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8
5.C.2. Incineración abierta de residuos	N2O	9,3	9,8	10,2	10,3	9,8	9,6	9,4	9,4	9,4	9,3	9,3
5.C.2.b. No biogénicos	Todos	3,6	3,9	4,0	4,0	3,7	3,6	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
5.C.2.b. No biogénicos	CH4	9,3	9,8	10,2	10,3	9,8	9,6	9,4	9,4	9,4	9,3	9,3
5.C.2.b. No biogénicos	CO2	4,1	4,3	4,5	4,5	4,0	3,9	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8
5.C.2.b. No biogénicos	N2O	9,3	9,8	10,2	10,3	9,8	9,6	9,4	9,4	9,4	9,3	9,3

En la Tabla 7-28 se presentan los resultados de incertidumbre para la categoría 5.C. Incineración e incineración abierta de desechos durante el periodo 1990-2024. La incertidumbre promedio histórica fue de ±3,63 %. En 1990, la incertidumbre fue de ±3,55 %, mientras que en 2024 alcanzó ±3,42 %, lo que representa una reducción relativa del 3,56 %, equivalente a 0,13 puntos porcentuales.

Entre 1990 y 2007, la incertidumbre aumentó gradualmente hasta alcanzar el valor máximo de la serie, con ±3,95 %. Posteriormente presentó una reducción y se mantuvo relativamente estable alrededor del 3,4 %. El valor mínimo se registró en 2013, con ±3,35 %. Entre 2020 y 2024, la incertidumbre permaneció prácticamente constante, con valores entre ±3,40 % y ±3,45 %.

Por tipo de GEI, el CO_2 presentó una incertidumbre promedio histórica de ±3,97 %. Esta disminuyó de ±3,92 % en 1990 a ±3,70 % en 2024, lo que representa una reducción relativa del 5,67 %. Por su parte, el CH_4 y el N_2O presentaron la misma incertidumbre promedio histórica, de ±9,78 %, y series idénticas durante todo el periodo. En 2024, la incertidumbre de ambos gases fue de ±9,28 %, valor prácticamente igual al registrado en 1990. Esta coincidencia indica que se aplicaron los mismos supuestos de incertidumbre a los datos de actividad y parámetros utilizados para estos gases.

Para 5.C.1. Incineración de residuos, la incertidumbre de las emisiones de CO_2 disminuyó de ±5,69 % en 1990 a ±1,66 % en 2024, lo que representa una reducción relativa del 70,91 %. La reducción más importante se presentó en 2010, cuando la incertidumbre pasó de ±5,85 % a ±2,74 %. Después de algunas fluctuaciones, alcanzó su valor mínimo en 2024. Los resultados de esta subcategoría corresponden a la incineración de residuos no biogénicos.

Por su parte, 5.C.2. Incineración abierta de residuos presentó una incertidumbre promedio histórica de ±3,75 %. Esta disminuyó de ±3,64 % en 1990 a ±3,47 % en 2024, equivalente a una reducción del 4,51 %. Los resultados de

5.C.2 coinciden con los de 5.C.2.b. Residuos no biogénicos, debido a que las emisiones reportadas para la incineración abierta corresponden a este componente.

7.4.5 AC/CC de la categoría

Para la categoría 5.C (incineración e incineración abierta de residuos) se efectuaron verificaciones orientadas a garantizar la consistencia de los datos de actividad utilizados para la estimación de las respectivas emisiones. Se revisó la coherencia temporal de las series históricas, identificando posibles vacíos de información y verificando la correcta aplicación de procedimientos de interpolación, extrapolación y empalme cuando fueron requeridos.

Se realizaron controles específicos sobre la clasificación de las corrientes de residuos y la asignación de factores de emisión, verificando la consistencia entre las características de los residuos considerados y las metodologías aplicadas para la estimación de emisiones de gases de efecto invernadero y contaminantes atmosféricos. Asimismo, se revisó la diferenciación entre fracciones biogénicas y no biogénicas, con el fin de asegurar la correcta aplicación de los factores de emisión correspondientes.

Como parte de los procedimientos de aseguramiento de calidad, se compararon los resultados obtenidos con los reportados en ciclos anteriores del inventario y con la información disponible sobre generación y manejo de residuos, verificando la coherencia de las tendencias observadas y documentando las variaciones derivadas de actualizaciones en los datos de actividad o en los parámetros empleados.

7.4.6 Nuevos cálculos de la categoría

En la Tabla 7-29 y Figura 7-16 se presenta la comparación entre las estimaciones del inventario previo (BTR1) y las obtenidas en el presente ciclo de reporte (BTR2) para la categoría 5C. Las variaciones entre ambas series son consecuencia de las mejoras implementadas durante el presente ciclo, las cuales redujeron inconsistencias presentes en ejercicios anteriores y permitieron obtener estimaciones con mayor trazabilidad, consistencia metodológica y representatividad de las condiciones nacionales de incineración y quema de residuos sólidos.

Tabla 7-29. Incineración y quema abierta de residuos. Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2) (kt CO_2 eq)

Subcategoría	Reporte	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021
5.C.1. Incineración de residuos	BTR1	-	-	-	-	37,7	62,3	56,0	54,2
5.C.1. Incineración de residuos	BTR2	28,9	33,5	37,7	40,8	44,0	78,0	73,8	76,3
5.C.1. Incineración de residuos	Diferencia	28,9	33,5	37,7	40,8	6,3	15,7	17,8	22,1
5.C.1. Incineración de residuos	Diferencia (%)	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	16,6%	25,3%	31,9%	40,7%
5.C.1. Incineración de residuos	Efecto en total de categoría 5.C (%)	6,4%	9,1%	8,5%	7,6%	1,2%	2,9%	3,1%	3,8%
5.C.1. Incineración de residuos	Efecto en total neto de categoría 5.C (%)	6,4%	9,1%	8,5%	7,6%	1,2%	2,9%	3,1%	3,8%
5.C.2. Incineración abierta de residuos	BTR1	449,9	366,5	443,8	538,8	472,5	472,7	521,4	529,1
5.C.2. Incineración abierta de residuos	BTR2	795,6	824,0	979,6	986,5	1.146,0	1.061,0	1.483,1	1.594,2
5.C.2. Incineración abierta de residuos	Diferencia	345,7	457,6	535,8	447,7	673,5	588,3	961,7	1.065,2
5.C.2. Incineración abierta de residuos	Diferencia (%)	43,4%	55,5%	54,7%	45,4%	58,8%	55,4%	64,8%	66,8%
5.C.2. Incineración abierta de residuos	Efecto en total de categoría 5.C (%)	76,8%	124,9%	120,7%	83,1%	132,0%	110,0%	166,6%	182,6%
5.C.2. Incineración abierta de residuos	Efecto en total neto de categoría 5.C (%)	76,8%	124,9%	120,7%	83,1%	132,0%	110,0%	166,6%	182,6%
5.C. Incineración e incineración abierta de residuos	BTR1	449,9	366,5	443,8	538,8	510,3	535,0	577,4	583,3
5.C. Incineración e incineración abierta de residuos	BTR2	824,6	857,5	1.017,3	1.027,3	1.190,0	1.139,0	1.556,9	1.670,5
5.C. Incineración e incineración abierta de residuos	Diferencia	374,6	491,1	573,6	488,5	679,8	604,0	979,6	1.087,2
5.C. Incineración e incineración abierta de residuos	Diferencia (%)	45,4%	57,3%	56,4%	47,6%	57,1%	53,0%	62,9%	65,1%
5.C. Incineración e incineración abierta de residuos	Efecto en total de sector (%)	5,4%	5,2%	5,1%	3,5%	3,9%	3,2%	4,5%	4,9%
5.C. Incineración e incineración abierta de residuos	Efecto en total neto de sector (%)	5,4%	5,2%	5,1%	3,5%	3,9%	3,2%	4,5%	4,9%
5. Residuos	BTR1	6.987,1	9.476,3	11.247,9	14.022,5	17.223,2	18.820,2	21.929,4	22.209,0
5. Residuos	BTR2	9.423,2	11.564,1	13.786,8	15.852,8	17.440,8	19.941,9	23.584,3	23.740,9
5. Residuos	Diferencia	2.436,1	2.087,7	2.538,9	1.830,4	217,6	1.121,8	1.654,9	1.531,9
5. Residuos	Diferencia (%)	34,9%	22,0%	22,6%	13,1%	1,3%	6,0%	7,5%	6,9%

Fuente: Elaboración propia.

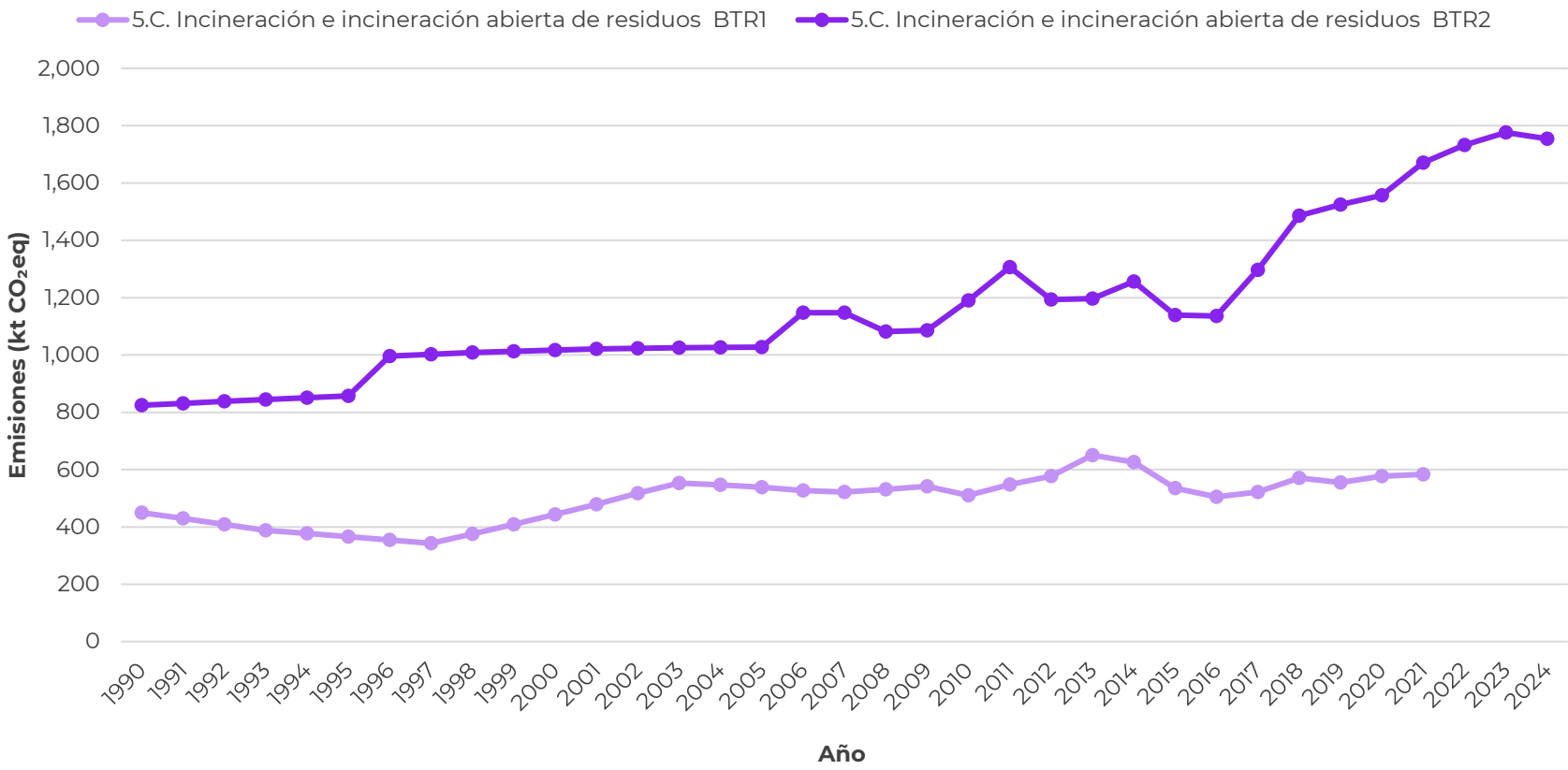


Figura 7-16. Incineración y quema abierta de residuos: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2), 1990-2024

Fuente: Elaboración propia.

El recálculo de las estimaciones para la categoría 5.C. Incineración e incineración abierta de residuos en el ciclo BTR2 representó una evolución sustancial en la completitud y representatividad del inventario nacional, reflejando incrementos significativos derivados de la superación de vacíos históricos y el refinamiento de los indicadores de comportamiento social. A nivel global, la categoría experimentó un ajuste al alza que pasó de 583,3 kt CO_2eq en el BTR1 a 1.670,5 kt CO_2eq en el BTR2 para el año 2021, lo que representó una diferencia del 65,1 % y un efecto de incremento en el total del sector Residuos del 6,9 % al cierre de la serie.

En la subcategoría de incineración técnica (5.C.1), el efecto más determinante fue la eliminación de la clave de notación NE (No Estimado) para el periodo 1990–2009. Mientras que en el ciclo anterior no se disponía de datos para estas dos décadas, la implementación de protocolos de retroproyección técnica permitió capturar por primera vez una actividad latente que en 1990 se situó en 28,9 kt CO_2eq. Para los años recientes, se observó un incremento progresivo en la diferencia, alcanzando un 40,7 % en 2021 (76,3 kt CO_2eq vs. 54,2 kt CO_2eq del BTR1). Este aumento técnico se justifica por una mayor precisión en el procesamiento de los registros de RESPEL, donde la desagregación de corrientes hospitalarias agregadas (Y1 y A4020) permitió una asignación más exacta de los flujos de carbono fósil y biogénico, asegurando que solo el carbono de origen antropogénico impactara el balance neto.

Por su parte, la incineración abierta de residuos (5.C.2) consolidó el impacto más drástico del recálculo, reafirmándose como la actividad dominante de la categoría con un aporte del 96,8 % en 2024. Los niveles de emisión reportados en el BTR2 son consistentemente superiores a los del BTR1, con una brecha que se amplió del 43,4 % en 1990 hasta el 66,8 % en 2021. Este cambio técnico respondió a la reconstrucción del indicador de fracción poblacional que realiza quema (Pfrac) para el periodo 1990–2007 mediante modelos de retroproyección hacia atrás (backcasting), los cuales integraron variables de ruralidad y tamaño poblacional para eliminar los quiebres artificiales presentes en series previas.

Asimismo, el recálculo de la quema abierta se vio influenciado por la actualización de la tasa de generación per cápita (PPC). El inventario migró de supuestos constantes hacia una serie temporal dinámica basada en la integración de fuentes nacionales como el RAS, la Cuenta Ambiental del DANE y los registros operativos de la SSPD, logrando una representación coherente con la evolución del consumo y desecho en el país. Complementariamente, la adopción de factores de emisión de la US EPA (AP-42) y del estudio de Akagi et al. (2011) permitió que la carga contaminante reflejara específicamente la combustión de residuos municipales mixtos, evitando el sesgo de los factores agrícolas europeos utilizados anteriormente.

Finalmente, la robustez de estos nuevos resultados se sustentó en una trazabilidad total y un cierre matemático exacto frente a las proyecciones demográficas oficiales. Estos ajustes metodológicos explican por qué la serie del BTR2 presenta niveles de emisión superiores, cumpliendo con el principio de exhaustividad exigido por el Marco Reforzado de Transparencia y proporcionando una base técnica más sólida para la toma de decisiones climáticas en la gestión de residuos en Colombia.

7.4.7 Mejoras planeadas de la categoría

Las mejoras planeadas para la categoría 5.C. Incineración y quema abierta de residuos se orientan a fortalecer la calidad, representatividad, consistencia temporal y trazabilidad de en la estimación de emisiones. Estas actividades priorizadas responden a las oportunidades de mejora identificadas a partir de los procesos de control de calidad (QA/QC), análisis de incertidumbre y revisión de la disponibilidad de información sectorial, así como a las recomendaciones formuladas procesos de examen por pares u otros procesos de revisión o análisis previos. Su implementación se desarrollará en articulación con las entidades competentes, con el fin de avanzar hacia el uso de información más precisa, reduciendo la dependencia de supuestos y variables proxy, y asegurando la coherencia con las Directrices del IPCC.

Las actividades específicas priorizadas para esta categoría se presentan en la Tabla 7-30, en la cual se detallan las actividades propuestas de mejora, los periodos de implementación, los actores responsables y la priorización correspondiente.

Tabla 7-30. Incineración y quema abierta de residuos. Plan de mejora

Subcategoría	Actividad propuesta de mejora	Periodo	Actores	Priorización
5.C.1 Incineración de residuos	Incorporar la estimación y el reporte de emisiones de **N_2O y CH_4** asociadas a la incineración de residuos (especialmente líquidos fósiles), bajo enfoque Tier 1, de conformidad con las Directrices 2006 del IPCC y garantizando la consistencia de la serie temporal.	1990–2024	Ideam, Minambiente	BTR3 - 2028

Subcategoría	Actividad propuesta de mejora	Periodo	Actores	Priorización
5.C.1 Incineración de residuos	Fortalecer la completitud de las estimaciones mediante la identificación específica del inicio de la actividad en el país y la **caracterización de tecnologías históricas** para ajustar los factores de oxidación (OF) de la serie retroproyectada.	Período de inicio de la actividad–2024	Ideam, Minambiente, autoridades ambientales, operadores de incineración	BTR4 - 2030
5.C.1 Incineración de residuos	Fortalecer la trazabilidad de los tipos de tratamientos térmicos, segregando y reportando los flujos de **aprovechamiento energético** (R1) dentro del Sector Energía (1.A) para evitar la doble contabilidad.	1990–2024	Ideam, Minambiente, autoridades ambientales	BTR3 - 2028
5.C.2 Quema a cielo abierto de residuos	Promover la generación, recopilación y disponibilidad de información sobre la **composición física** de los residuos efectivamente quemados en áreas rurales, con el fin de fortalecer la diferenciación entre fracciones biogénicas y no biogénicas en las estimaciones y el reporte de emisiones.	1990–2024	Ideam, Minambiente, autoridades ambientales	BTR4 - 2030
5.C.2 Quema a cielo abierto de residuos	Fomentar la articulación con las entidades responsables de la generación de información para identificar y aprovechar **fuentes complementarias** a la ECV que permitan mejorar la representatividad y calidad de los datos empleados en la estimación de la tasa de actividad de quema abierta.	1990–2024	Minambiente, Ideam, DANE, autoridades ambientales	BTR4 - 2032

Fuente: Elaboración propia.

7.5 Tratamiento y eliminación de aguas residuales (CRT 5.D)

7.5.1 Descripción y tendencia de las emisiones y absorciones atmosféricas de la categoría

La categoría 5.D. Tratamiento y eliminación de aguas residuales constituye un eje fundamental del inventario nacional de GEI, integrando las emisiones de metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O) generadas por la degradación bioquímica de la materia orgánica y compuestos nitrogenados en condiciones anaeróbicas. Durante la serie 1990-2024, el comportamiento de esta fuente estuvo determinado por la interacción entre el crecimiento demográfico, la expansión de la cobertura de saneamiento básico y el dinamismo del sector manufacturero.

La categoría 5.D. Tratamiento y eliminación de aguas residuales constituyó una de las fuentes principales del sector Residuos en Colombia, aportando un total de 11.597,6 kt CO_2eq en 2024, lo que representó el 44,6 % de las emisiones sectoriales.

El perfil de la categoría se divide en dos flujos fundamentales: las aguas de origen doméstico (5.D.1) y las de origen industrial (5.D.2), cada una con dinámicas de generación diferenciadas. De acuerdo con el marco metodológico del IPCC, las emisiones de dióxido de carbono (CO_2) de origen biogénico en este sector no se contabilizaron en el balance neto nacional, reportándose bajo la clave de notación NA.

En Colombia, la estructura de reporte para el tratamiento y eliminación de aguas residuales se organizó bajo la siguiente jerarquía según el árbol de categorías (Figura 7-17).

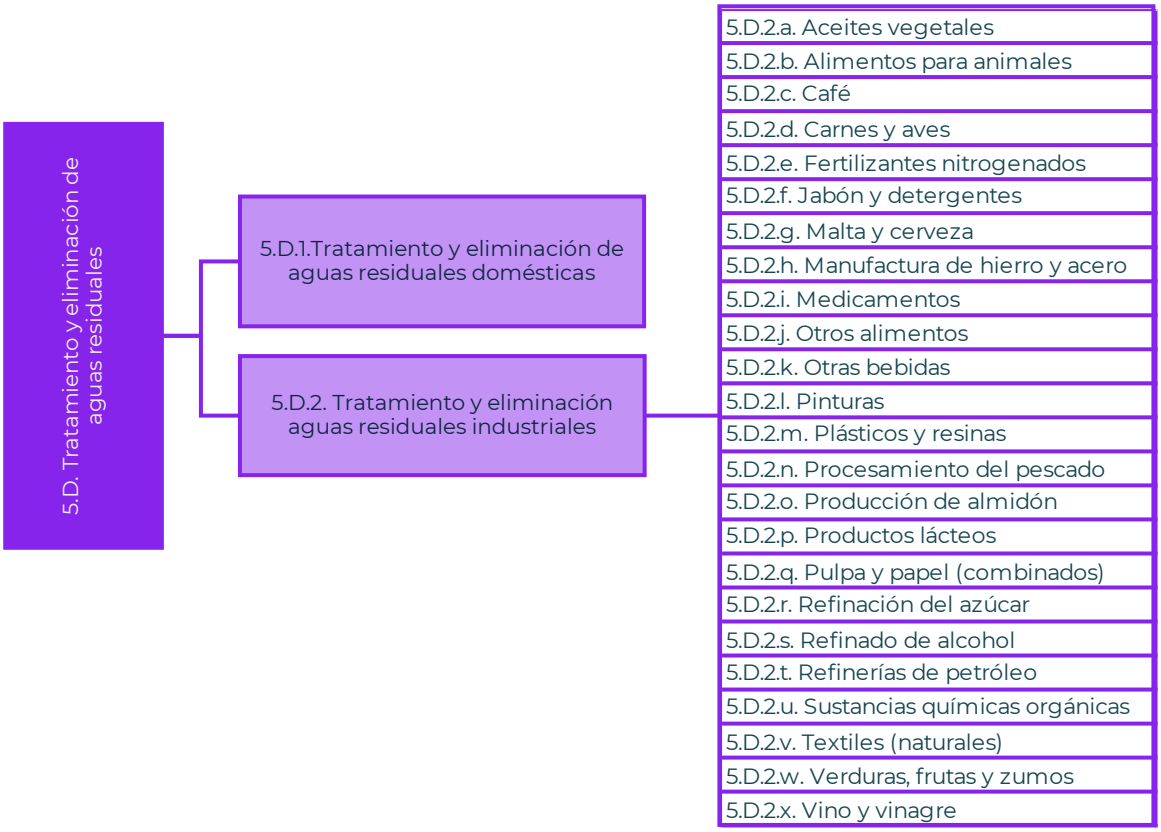


Figura 7-17. Tratamiento y eliminación de aguas residuales: Subcategorías estimadas en la categoría

- **5.D.1. Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas**

En esta subcategoría se cuantificaron las emisiones derivadas del manejo de aguas residuales generadas en los hogares colombianos, las cuales son procesadas a través de sistemas de alcantarillado con Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales (STAR) o gestionadas mediante soluciones individuales in situ. El alcance de la estimación abarcó cinco bloques poblacionales críticos para garantizar la exhaustividad: la población urbana con alcantarillado y STAR, la población con alcantarillado, pero sin tratamiento centralizado, los hogares urbanos sin cobertura de red, la población rural dispersa y los asentamientos que utilizaron sistemas alternativos como pozos sépticos y letrinas. La estimación de emisión de CH_4 se fundamentó en la carga orgánica parametrizada a través de la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO), reflejando que el tratamiento mediante STAR constituyó la actividad de mayor peso, seguida de las emisiones generadas por la población rural sin acceso a saneamiento básico formal. Por su parte, el N_2O se estimó bajo un enfoque indirecto, vinculando las emisiones al consumo de proteína per cápita de la población nacional, lo que permitió capturar la carga de nitrógeno reactivo liberada al ambiente.

En la subcategoría 5.D.1, la dinámica de las emisiones se vinculó directamente a los patrones de acceso y la disparidad estructural entre las áreas urbanas y rurales del país. De acuerdo con el Informe Nacional de Coberturas de la SSPD, el país alcanzó un total de 11,4 millones de usuarios conectados al servicio de alcantarillado, reflejando una alta consolidación en el ámbito urbano, donde el 78,9 % de los municipios registraron coberturas superiores al 75 %. No obstante, el mencionado informe documentó focos críticos en capitales departamentales como Leticia, Quibdó y Santa Marta, donde el acceso se situó por debajo del 50 %, lo que incrementó la dependencia de vertimientos directos o sistemas no centralizados(Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2025a).

La situación en los asentamientos rurales representó el mayor reto metodológico y operativo, ya que el 71,8 % de los municipios reportaron coberturas de red inferiores al 30 %. Ante la dificultad técnica y económica de extender redes convencionales en zonas dispersas, cobró relevancia primordial el uso de soluciones particulares como pozos sépticos y letrinas, los cuales se constituyeron como el principal medio para garantizar el saneamiento básico. En este ciclo de reporte, el país logró identificar 729 sistemas de tratamiento de aguas residuales (STAR) operados formalmente, de los cuales el 72,5 % emplearon tecnologías de tratamiento

secundario (biológico), lo que permitió refinar los factores de emisión de metano asociados a la carga orgánica medida como Demanda Biológica de Oxígeno (DBO).

- **5.D.2. Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales**

El flujo industrial, reportado bajo la subcategoría 5.D.2, comprendió los vertimientos resultantes de diversos procesos productivos manufactureros, caracterizados por una alta carga orgánica y composiciones fisicoquímicas heterogéneas. El inventario identificó y procesó 24 grupos industriales estratégicos con base en su potencial de generación de metano, utilizando la Demanda Química de Oxígeno (DQO) como el parámetro principal de degradabilidad. Un hito técnico del inventario para la estimación del CH_4 es la implementación de una ponderación técnica de los factores de emisión, superando el uso estático de valores por defecto mediante la integración de microdatos del Registro Único Ambiental (RUA) administrado por el Ideam. Este avance permitió estratificar las tecnologías de tratamiento efectivamente implementadas en el país, incluyendo reactores anaeróbicos de flujo ascendente (UASB), lagunas anaeróbicas profundas y sistemas de lodos activados y asociarlas a los caudales de vertimiento reportados por cada establecimiento industrial.

Por su parte, la estimación del N_2O industrial incorporó los refinamientos del IPCC de 2019 (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2019b), evaluando tanto las emisiones generadas directamente en las plantas de tratamiento como aquellas derivadas de la descarga de nitrógeno en los efluentes vertidos a cuerpos de agua superficiales, garantizando así un balance de masas coherente y transparente para la industria colombiana.

De acuerdo con el más reciente Informe del Registro Único Ambiental del sector manufacturero (Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam), 2024) se evidenció una tendencia hacia la optimización hídrica, reportando un volumen de vertimientos de 151,04 millones de m^3, lo que representó una reducción del 21,15 %, impulsada por procesos de recirculación y mejoras tecnológicas. La distribución geoespacial de estas emisiones mostró una alta concentración en departamentos con vocación industrial, destacándose Antioquia, Valle del Cauca, Cundinamarca y Bogotá D.C., territorios que agruparon la mayor cantidad de puntos de descarga hacia fuentes receptoras como ríos y quebradas.

En términos de contribución por sector, la fabricación de pulpa, papel y cartón lideró históricamente la carga de vertimientos con un 32,2 %, seguida por la elaboración de azúcar (11,2 %) y la refinación de petróleo (10,3 %) (Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam), 2024). Estos sectores, al ser intensivos en carga orgánica medida como Demanda Química de Oxígeno (DQO), determinaron la tendencia de emisión de metano de la subcategoría.

- **Tendencia de las emisiones**

De acuerdo con la Tabla 7-31 y Figura 7-18, las emisiones de la categoría 5.D. Tratamiento y eliminación de aguas residuales presentaron una trayectoria de crecimiento sostenido a lo largo de toda la serie histórica. Entre 1990 y 2024 aumentaron de 5.516,7 a 11.597,6 kt CO_2eq, lo que representó un incremento del 110,2 %. Esta evolución reflejó el crecimiento de la actividad económica, la expansión de sectores industriales con altas cargas orgánicas en sus efluentes y el aumento de la generación de aguas residuales asociada al desarrollo demográfico y productivo del país.

La evolución de la categoría estuvo determinada principalmente por el comportamiento de las aguas residuales industriales (5.D.2), cuya contribución pasó de representar el 55,8 % de las emisiones totales en 1990 al 74,2 % en 2024. Durante el mismo período, las emisiones de este subsector aumentaron en 5.528,2 kt CO_2eq, mientras que las correspondientes a las aguas residuales domésticas crecieron únicamente en 552,7 kt CO_2eq. Esto indicó que aproximadamente el 91 % del incremento observado en la categoría durante las últimas tres décadas fue resultado del crecimiento de las emisiones industriales.

Las emisiones asociadas al tratamiento de aguas residuales domésticas (5.D.1) mostraron una tendencia mucho más estable. Aunque se observó un aumento gradual entre 1990 y 2010, posteriormente la serie se mantuvo alrededor de 3.000 kt CO_2eq, con oscilaciones relativamente pequeñas entre años. Este comportamiento sugirió que el crecimiento poblacional y la ampliación de la cobertura de saneamiento tendieron a compensarse con la estabilización de las tasas de generación de carga orgánica per cápita, dando lugar a una evolución relativamente constante durante los últimos quince años.

Por el contrario, las aguas residuales industriales (5.D.2) presentaron una dinámica claramente expansiva. Entre 1990 y 2024 las emisiones aumentaron un 179,6 %, pasando de 3.078,6 a 8.606,8 kt CO_2eq. El crecimiento no fue uniforme, sino que se concentró especialmente a partir de mediados de la década de 2000, período en el cual varias actividades industriales incrementaron significativamente sus niveles de producción. Entre 2005 y 2020 las emisiones industriales aumentaron cerca de 3.344 kt CO_2eq, equivalente a más del 60 % del crecimiento total registrado durante toda la serie histórica.

La estructura de emisiones industriales también experimentó cambios importantes. En 1990 las mayores contribuciones provinieron de las industrias de pulpa y papel, café, refinación de azúcar y alimentos para animales, las cuales concentraron cerca del 66 % de las emisiones industriales. Sin embargo, en 2024 la categoría estuvo dominada por la industria de sustancias químicas orgánicas, que aportó 2.329,1 kt CO_2eq y representó el 27 % de las emisiones industriales. Esta actividad multiplicó sus emisiones por más de doce veces respecto a

1990 y explicó, por sí sola, cerca del 39 % del crecimiento total registrado en el subsector industrial durante el período analizado.

La industria alimentaria continuó siendo otro de los principales motores de las emisiones. En conjunto, las actividades asociadas a alimentos para animales, otros alimentos, café, carnes y aves, productos lácteos, procesamiento de pescado, verduras y frutas, refinación de azúcar, malta y cerveza y refinado de alcohol representaron más de la mitad de las emisiones industriales en 2024. El crecimiento sostenido de estas industrias evidenció la estrecha relación existente entre la generación de emisiones de metano y el aumento de la producción agroindustrial nacional.

El comportamiento reciente mostró una mayor variabilidad interanual. Después de alcanzar 10.838,4 kt CO_2eq en 2020, las emisiones disminuyeron levemente en 2021, aumentaron hasta un máximo histórico de 11.760,5 kt CO_2eq en 2022, disminuyeron nuevamente en 2023 y retomaron una senda creciente en 2024. Estas fluctuaciones estuvieron asociadas principalmente a cambios en los niveles de producción de las actividades industriales de mayor peso, especialmente las relacionadas con sustancias químicas orgánicas, pulpa y papel, refinación de azúcar, procesamiento de café y elaboración de alimentos para animales(Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam), 2024).

En términos estructurales, la categoría pasó de presentar una contribución relativamente equilibrada entre las aguas residuales domésticas e industriales a una situación en la que predominaron claramente las emisiones industriales. Mientras que en 1990 las emisiones industriales fueron apenas 1,3 veces superiores a las domésticas, en 2024 alcanzaron cerca de tres veces dicho valor. Esta transformación evidenció que el crecimiento de las emisiones de la categoría 5.D estuvo cada vez más vinculado a la evolución de la actividad manufacturera y agroindustrial que a los cambios asociados al sector doméstico.

Tabla 7-31. Tratamiento y eliminación de aguas residuales: Emisiones totales de GEI por categoría (kt CO_2eq)

Subcategoría	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
5.D. Tratamiento y eliminación de aguas residuales	**5.516,7**	**5.806,9**	**6.383,0**	**7.341,3**	**8.139,7**	**9.471,7**	**10.838,4**	**10.571,0**	**11.760,5**	**11.120,8**	**11.597,6**
5.D.1.Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	**2.438,1**	**2.286,6**	**2.810,1**	**2.814,4**	**3.028,9**	**3.010,2**	**2.967,5**	**3.027,6**	**2.966,5**	**2.905,3**	**2.990,8**
5.D.2. Tratamiento y eliminación aguas residuales industriales	**3.078,6**	**3.520,3**	**3.572,9**	**4.527,0**	**5.110,8**	**6.461,5**	**7.870,9**	**7.543,3**	**8.794,0**	**8.215,5**	**8.606,8**
5.D.2.a. Aceites vegetales	3,8	5,8	5,8	6,9	8,2	16,9	17,7	19,5	19,3	17,0	17,9
5.D.2.b. Alimentos para animales	299,2	392,0	428,4	814,9	676,2	877,7	1.095,9	1.141,8	1.318,2	1.299,6	1.264,8
5.D.2.c. Café	643,3	474,0	403,9	562,3	420,3	658,1	700,3	731,3	762,7	644,3	709,4
5.D.2.d. Carnes y aves	50,8	66,4	93,1	124,1	183,4	246,2	289,2	294,7	316,7	320,2	324,3
5.D.2.e. Fertilizantes nitrogenados	6,5	7,4	7,8	11,5	12,0	13,3	14,2	15,0	12,2	11,5	11,8
5.D.2.f. Jabón y detergentes	2,0	2,5	2,7	2,7	3,7	4,8	7,2	7,7	7,6	7,8	8,0
5.D.2.g. Malta y cerveza	163,7	227,9	163,3	191,2	212,8	251,7	255,0	311,7	336,3	337,9	347,4
5.D.2.h. Manufactura de hierro y acero	13,7	15,0	13,6	15,0	13,3	21,8	20,0	21,6	18,8	20,9	18,6
5.D.2.i. Medicamentos	6,1	3,5	5,7	6,1	11,3	17,2	14,5	18,6	20,8	22,6	22,0
5.D.2.j. Otros alimentos	232,8	296,5	422,5	553,2	663,2	960,7	1.128,8	1.192,3	1.298,7	1.282,4	1.262,6
5.D.2.k. Otras bebidas	1,5	1,7	1,5	2,1	2,2	2,9	3,3	3,3	3,8	3,9	3,9
5.D.2.l. Pinturas	8,5	12,6	15,3	19,2	25,2	51,2	47,9	61,6	54,6	48,8	42,8
5.D.2.m. Plásticos y resinas	1,2	2,0	2,0	2,9	2,7	3,8	3,8	4,1	4,0	3,4	2,9
5.D.2.n. Procesamiento del pescado	1,5	3,0	4,5	5,3	3,9	3,2	3,5	3,5	3,7	3,6	3,9
5.D.2.o. Producción de almidón	15,4	13,0	12,1	13,0	20,3	30,6	18,2	16,0	20,4	24,8	34,3
5.D.2.p. Productos lácteos	71,7	96,0	108,7	115,8	141,1	174,4	174,6	166,6	171,5	172,6	167,6
5.D.2.q. Pulpa y papel (combinados)	710,2	742,2	870,3	863,7	1.062,2	1.064,7	1.103,0	998,8	1.120,8	1.036,0	1.169,2
5.D.2.r. Refinación del azúcar	365,2	413,3	395,1	534,4	334,2	481,3	397,0	368,1	518,5	468,8	516,9
5.D.2.s. Refinado de alcohol	237,6	360,7	208,7	178,3	187,8	133,2	108,7	158,1	176,6	189,9	178,6
5.D.2.t. Refinerías de petróleo	41,3	46,0	40,0	33,6	42,7	48,9	42,9	61,3	61,6	67,6	63,4
5.D.2.u. Sustancias químicas orgánicas	182,6	312,3	309,6	420,8	1.052,7	1.322,4	2.345,9	1.859,1	2.434,9	2.120,4	2.329,1

Subcategoría	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
5.D.2.v. Textiles (naturales)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
5.D.2.w. Verduras, frutas y zumos	15,3	21,4	53,6	45,9	27,5	72,0	74,2	83,7	106,9	105,7	102,0
5.D.2.x. Vino y vinagre	4,8	5,1	4,5	4,0	3,7	4,5	5,1	5,2	5,5	5,7	5,5

Fuente: Elaboración propia.

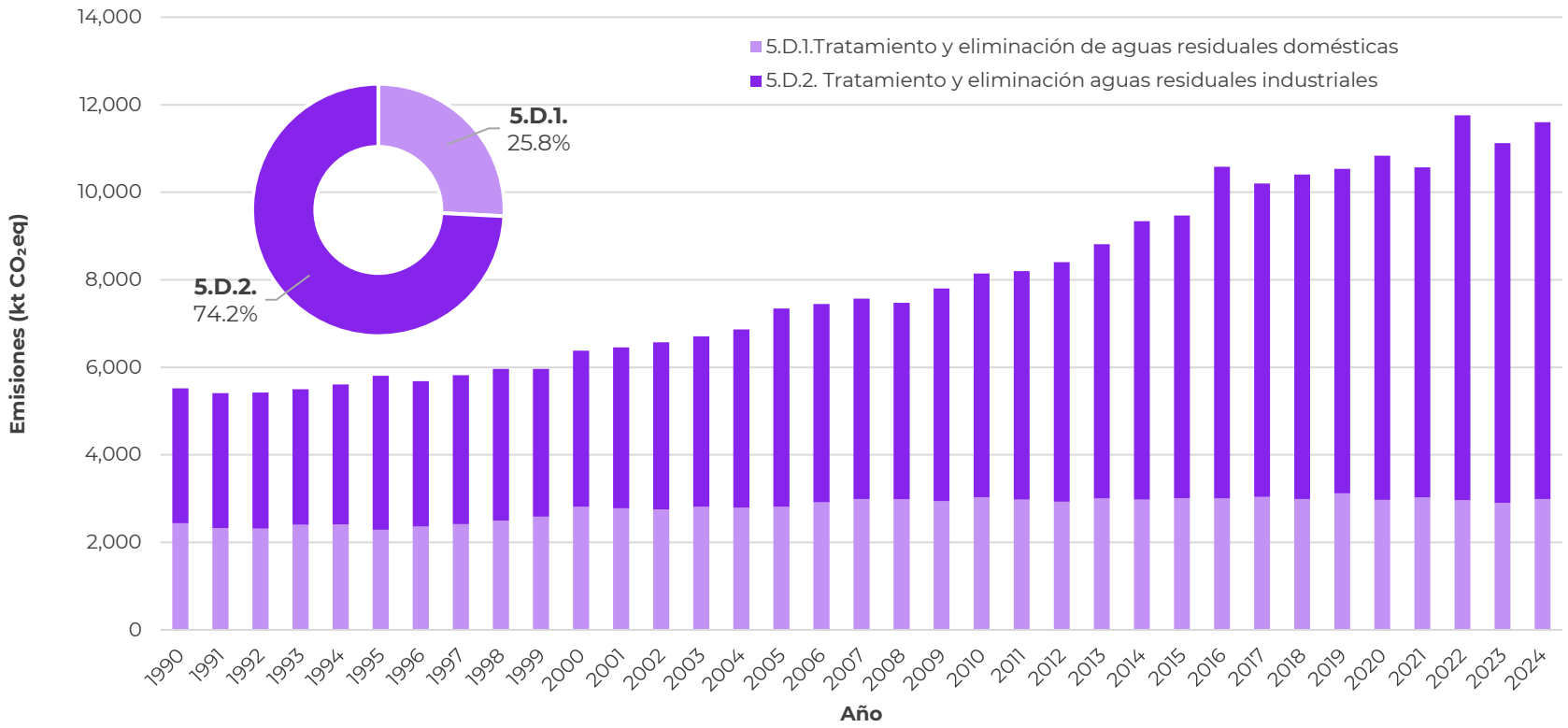


Figura 7-18. Tratamiento y eliminación de aguas residuales: Emisiones totales de GEI por subcategoría (kt CO_2eq), 1990-2024

Fuente: Elaboración propia

El perfil de emisiones de esta categoría (Tabla 7-32 y Figura 7-19) estuvo dominado de forma absoluta por el metano, el cual representó el 93,0 % de la contribución total en 2024 con un reporte de 10.787,9 kt CO_2eq. Su tendencia reflejó un aumento del 111,6 % en el periodo evaluado, impulsado por la expansión de la infraestructura de alcantarillado y la consolidación de sistemas de tratamiento que, si bien mejoraron las condiciones sanitarias, concentraron la degradación anaeróbica de la materia orgánica. Este gas se genera por la descomposición anaeróbica de la materia orgánica degradable, cuantificada mediante la DBO para aguas domésticas y la DQO para las industriales.

Por su parte, el óxido nitroso (N_2O) constituyó el segundo gas en importancia, aportando 809,7 kt CO_2eq en 2024, lo que equivale al 7,0 % del total de la categoría. Estas emisiones experimentaron un crecimiento del 93 % desde 1990, una trayectoria que guardó una correlación directa con el cambio en los patrones alimenticios de la población colombiana. El consumo de proteína per cápita fue el factor determinante de esta tendencia, pasando de una ingesta de 20,6 kg/hab/año al inicio de la serie hasta alcanzar los 28,4 kg/hab/año al cierre del periodo, lo que se tradujo en una mayor carga de nitrógeno.

Finalmente, las emisiones de dióxido de carbono (CO_2) en la categoría 5.D se reportan como 0,0 kt durante toda la serie histórica, por lo que se reportaron bajo la clave de notación No Ocurre (NO), debido a que el carbono liberado durante los procesos de tratamiento de aguas es de origen biogénico y se considera climáticamente neutro dentro del sector Residuos bajo las directrices internacionales.

Tabla 7-32. Tratamiento y eliminación de aguas residuales: Emisiones totales de GEI (kt CO_2eq)

GEI	1990	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
CO_2	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
CH_4	5.097,2	5.271,7	5.862,7	6.801,2	7.580,0	8.818,3	10.103,2	9.786,5	10.965,8	10.313,9	10.787,9
N_2O	419,4	535,1	520,4	540,1	559,7	653,4	735,1	784,5	794,6	806,9	809,7
Total	5.516,7	5.806,9	6.383,0	7.341,3	8.139,7	9.471,7	10.838,4	10.571,0	11.760,5	11.120,8	11.597,6

Fuente: Elaboración propia

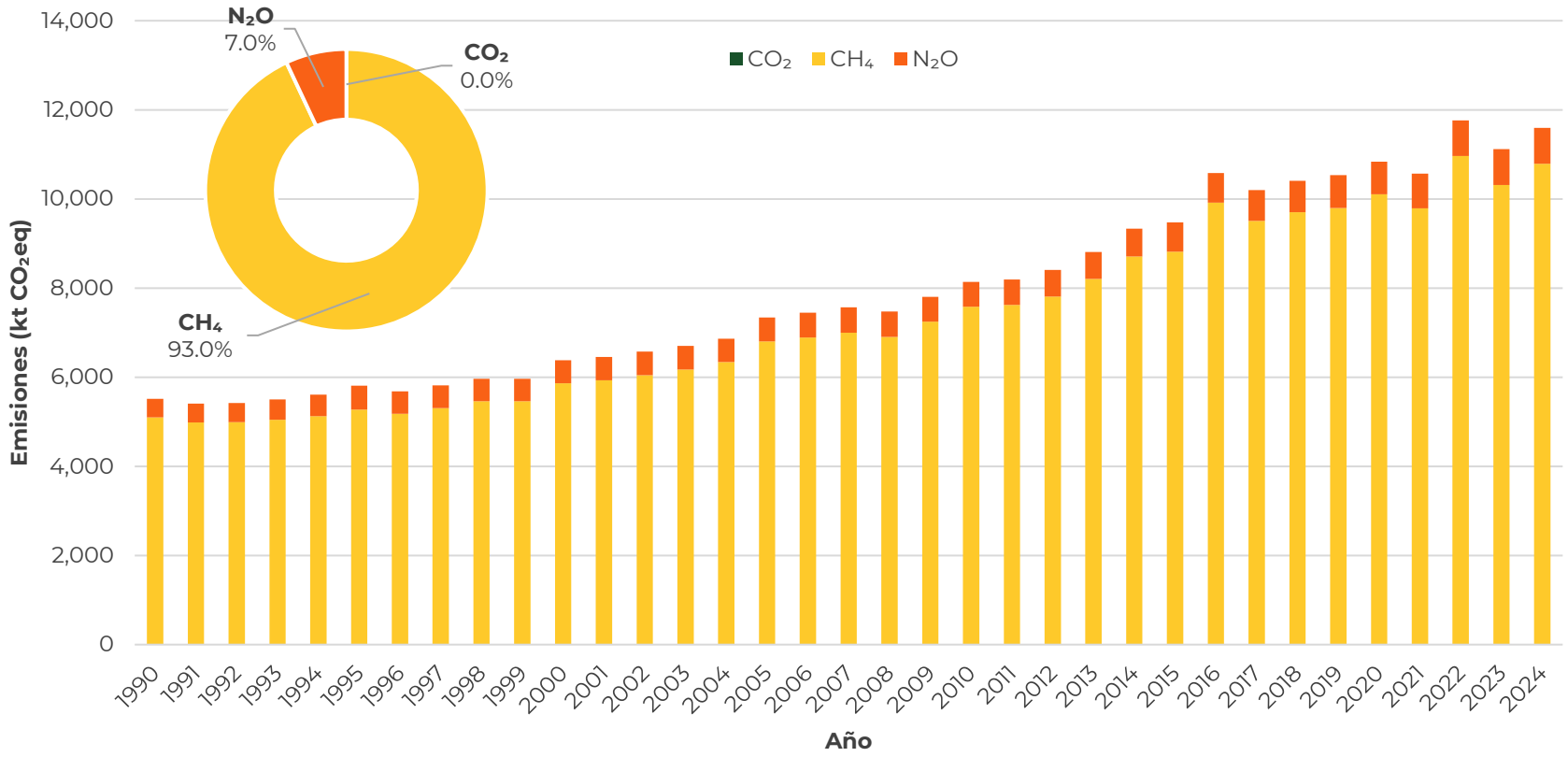


Figura 7-19. Tratamiento y eliminación de aguas residuales: Emisiones totales de GEI (kt CO_2eq), 1990-2024

Fuente: Elaboración propia

Con el objetivo de profundizar en la comprensión del impacto climático de esta categoría, en la se presenta un análisis detallado por subcategoría, tomando como referencia el año 2024.

El balance de emisiones para 2024 estuvo liderado por la subcategoría 5.D.2. Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales, la cual aportó 8.606,8 kt CO_2eq, lo que representó el 74,2 % del total de la categoría. Dentro de este flujo, el metano (CH_4) es el gas predominante con 8.474,8 kt CO_2eq, un volumen que se vinculó directamente a la carga orgánica de sectores manufactureros de alta intensidad.

Por su parte, el óxido nitroso (N_2O) industrial registró 132,0 kt CO_2eq, reflejando la degradación de compuestos nitrogenados en los vertimientos de procesos específicos de este sector. En cuanto al flujo de aguas residuales domésticas (5.D.1), el aporte para 2024 se situó en 2.990,8 kt CO_2eq. En este componente, el metano registró 2.313,1 kt CO_2eq, derivado tanto del tratamiento en plantas (STAR) como de soluciones in situ en zonas rurales.

Resulta relevante destacar que, en comparación con el flujo industrial, las emisiones de N_2O en las aguas domésticas reflejaron una mayor relevancia relativa, alcanzando 677,7 kt CO_2eq. Este comportamiento se explica por la carga de nitrógeno orgánico que ingresa a los sistemas de saneamiento, está estrechamente ligada a los patrones de consumo de proteína per cápita de la población colombiana.

Debido a que la subcategoría 5.D.2. Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales se consolidó como la fuente dominante dentro de la categoría 5.D, es preciso analizar independientemente el comportamiento de sus emisiones. En este sentido, este flujo estuvo marcado por una fuerte predominancia del metano (CH_4), que sumó 8.474,8 kt CO_2eq, volumen que se vinculó directamente a la alta intensidad de carga orgánica (DQO) de sectores manufactureros estratégicos para la economía nacional.

Al realizar un desglose por grupo industrial, destaca de forma prominente el sector de las sustancias químicas orgánicas (5.D.2.u), el cual lideró la generación de metano con 2.329,1 kt CO_2eq, reflejando la complejidad de sus procesos de síntesis y la magnitud de sus vertimientos. A este sector le siguieron en importancia el clúster agroindustrial de alimentos para animales (5.D.2.b) con 1.264,8 kt CO_2eq y el rubro de otros alimentos (5.D.2.j) con 1.262,6 kt CO_2eq, evidenciando que el procesamiento de materias primas biológicas fue un factor determinante en el perfil de emisiones de Colombia. Asimismo, la industria de la pulpa y el papel (5.D.2.q) mantuvo un peso significativo con 1.169,2 kt CO_2eq, consolidándose junto con el sector del café (5.D.2.c), que aportó 709,4 kt CO_2eq, como los pilares de la carga orgánica degradable tratada en sistemas industriales.

En cuanto al óxido nitroso (N_2O), aunque su contribución agregada fue menor con 132,0 kt CO_2eq, su análisis reveló focos de emisión específicos donde el nitrógeno en los efluentes reflejó una relevancia técnica mayor. El sector de refinado de alcohol (5.D.2.s) encabezó este gas con 52,9 kt CO_2eq, seguido por la industria de carnes y aves (5.D.2.d) con 33,6 kt CO_2eq, sectores donde los procesos de degradación de compuestos nitrogenados fueron inherentes a la actividad productiva. Es notable que sectores pesados como la manufactura de hierro y acero (5.D.2.h) y los fertilizantes nitrogenados (5.D.2.e) reportaron emisiones nulas de metano, concentrando su impacto exclusivamente en el N_2O con 18,6 y 11,8 kt CO_2eq respectivamente.

Finalmente, las emisiones de dióxido de carbono (CO_2) se reportaron de manera uniforme en 0,0 kt (consecuentemente bajo la clave de notación NO) para todos los grupos industriales, en estricto cumplimiento de las directrices internacionales que clasifican este gas como de origen biogénico.

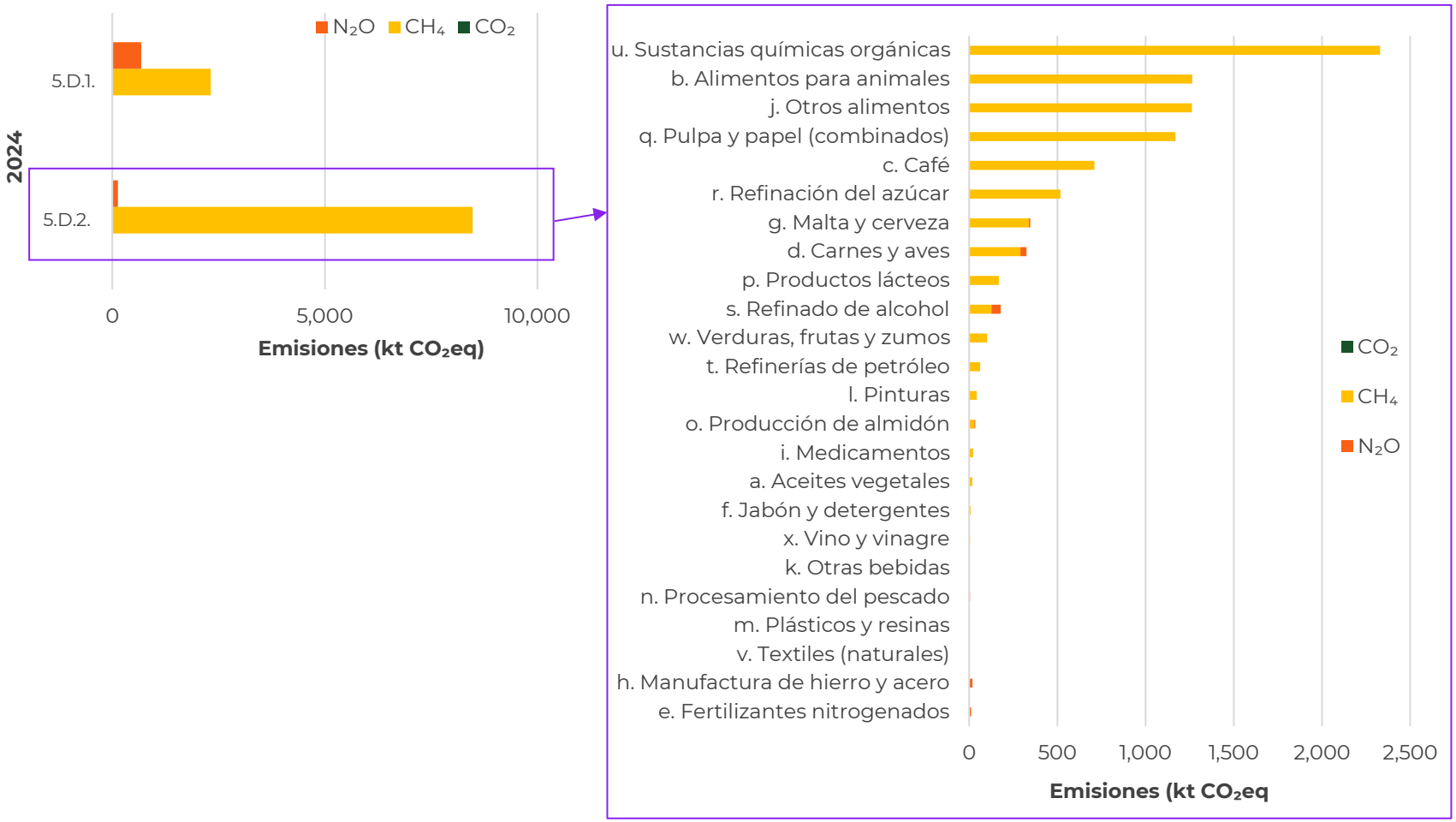


Figura 7-20. Tratamiento y eliminación de aguas residuales: Emisiones totales de GEI (kt CO_2eq) por subcategoría, 2024

La evolución de las emisiones de contaminantes criterio y precursores (Tabla 7-33 y Figura 7-21) en la categoría 5.D. Tratamiento y eliminación de aguas residuales durante el periodo 1990–2024 presentó trayectorias divergentes que reflejaron la transformación de la infraestructura de saneamiento y el crecimiento de la actividad productiva en el país. A diferencia de los gases de efecto invernadero, que mostraron una tendencia generalizada al alza, el balance de estos contaminantes estuvo marcado por la reducción progresiva de fuentes específicas en el tratamiento doméstico y el incremento sostenido de la intensidad en el sector industrial.

El amoníaco (NH_3), asociado fundamentalmente a la subcategoría 5.D.1, registró una tendencia decreciente, pasando de 1,7 kt en 1990 a 1,3 kt en 2024, lo que representó una reducción acumulada del 23,5 %. Este comportamiento se explica por la transición en las soluciones de disposición in situ hacia sistemas de alcantarillado formal; dado que el factor de emisión de la Guía EMEP/EEA (European Environment Agency, 2019f) se aplicó específicamente a la población que utilizó letrinas, la mejora en las coberturas de servicios públicos y la reducción de la brecha en saneamiento básico han impactado directamente en la disminución de este precursor. La serie muestra una estabilidad relativa en 1,3 kt desde 2020, tras haber alcanzado un punto mínimo de 1,2 kt en 2015, reflejando el estado actual de los sistemas particulares en zonas rurales y periféricas.

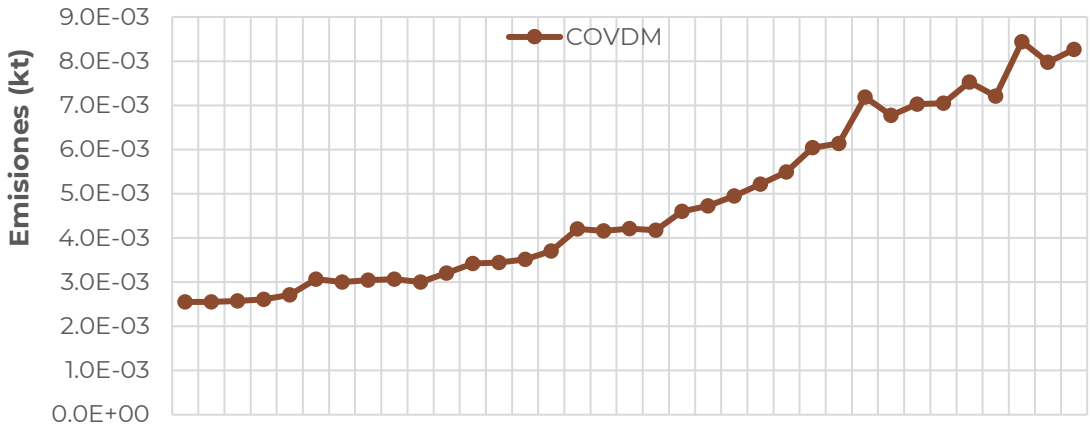
Por el contrario, las emisiones de compuestos orgánicos volátiles diferentes al metano (COVDM) en la subcategoría 5.D.2 exhibieron un crecimiento constante y acelerado, multiplicándose por tres durante el periodo analizado al pasar de 2,6E-03 kt en 1990 a 8,3E-03 kt en 2024. Esta trayectoria ascendente guardó una correlación directa con la intensificación de la actividad manufacturera nacional y el consecuente aumento en el volumen de efluentes industriales tratados.

Finalmente, la integración de estos precursores en el inventario nacional aseguró la exhaustividad del reporte frente a los estándares internacionales de la Guía EMEP/EEA(European Environment Agency, 2019f), permitiendo monitorear no solo el impacto climático de las aguas residuales, sino también su contribución a la química atmosférica local. Mientras que el metano dominó el perfil radiativo, el análisis del NH_3 y los COVDM proporcionaron una métrica valiosa sobre la eficiencia de los sistemas de tratamiento y la evolución de los vertimientos industriales en el contexto del desarrollo económico colombiano.

Tabla 7-33. Tratamiento y eliminación de aguas residuales: Emisiones totales carbono negro y contaminantes criterio (kt)

Precursor	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
5.D.1.Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas											
NH_3	1,7	1,7	1,7	1,8	1,6	1,2	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
NO_x	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
CO	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
5.D.2. Tratamiento y eliminación aguas residuales industriales											
COVDM	2,6E-03	3,1E-03	3,2E-03	4,2E-03	4,7E-03	6,1E-03	7,5E-03	7,2E-03	8,4E-03	8,0E-03	8,3E-03
NO_x	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
CO	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

Fuente: Elaboración propia



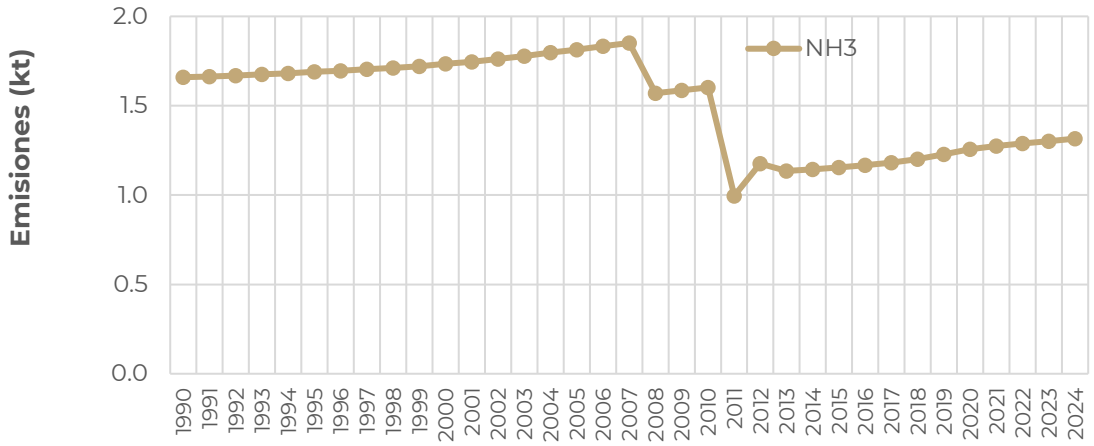


Figura 7-21. Tratamiento y eliminación de aguas residuales: Emisiones totales carbono negro y contaminantes criterio (kt), 1990-2024

Fuente: Elaboración propia

7.5.2 Aspectos metodológicos de la categoría

Las emisiones asociadas al tratamiento y eliminación de aguas residuales se estimaron siguiendo las metodologías propuestas en las Directrices 2006 del IPCC para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero, Volumen 5 – Capítulo 6 (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2019b), complementadas con factores de emisión de contaminantes atmosféricos provenientes de la guía EMEP/EEA (European Environment Agency, 2019f).

Específicamente, para 5.D.2. Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales el inventario nacional ha implementado factores de emisión ponderados técnicamente. Este ejercicio de refinamiento se sustentó en la integración de microdatos provenientes del Registro Único Ambiental (RUA) manufacturero, permitiendo caracterizar con mayor detalle las tecnologías de tratamiento reales y los caudales de vertimiento aplicados por las empresas en el territorio nacional. La lógica de la ponderación consistió en vincular el caudal de descarga de cada registro administrativo con el factor de emisión por defecto correspondiente a su vía de tratamiento (aeróbico, anaeróbico o vertimiento directo), agrupando luego estos resultados por código CIIU para obtener un promedio ponderado por sector industrial.

Aunque para los gases de efecto invernadero (CH_4 y N_2O) se mantuvo formalmente una clasificación de nivel 1 (dado que el cálculo base sigue utilizando los valores predeterminados de las tablas internacionales del IPCC, la ponderación otorgó una representatividad superior que corrigió sobreestimaciones históricas y reflejó de manera más adecuada la infraestructura de depuración instalada en el país. Por su parte, este nivel de detalle tecnológico ha permitido que las emisiones de COVDM asciendan formalmente a un nivel Tier 2, al cumplir con los criterios de estratificación por proceso exigidos por los estándares de la guía EMEP/EEA(European Environment Agency, 2019f).

Para las emisiones de CH_4, se aplicaron metodologías de nivel 1 (Tier 1) basadas en la cuantificación de la carga orgánica tratada y en la asignación de factores de emisión dependientes de las tecnologías de tratamiento utilizadas. En el caso de las aguas residuales domésticas, las emisiones fueron estimadas a partir de la población atendida por cada sistema de tratamiento, el contenido de materia orgánica expresado como demanda bioquímica de oxígeno (DBO), los sistemas de gestión identificados para la población y los factores de emisión correspondientes a cada vía de tratamiento o eliminación. Para las aguas residuales industriales, las emisiones se calcularon a partir de la carga orgánica expresada como demanda química de oxígeno (DQO), considerando las tecnologías de tratamiento implementadas en cada sector industrial y aplicando factores de emisión derivados de la capacidad máxima de producción de metano (Bo) y los factores de corrección de metano (MCF) correspondientes a cada sistema de tratamiento.

Las emisiones de N_2O provenientes de aguas residuales domésticas e industriales se estimaron siguiendo las ecuaciones propuestas por el IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006c) para la cuantificación del nitrógeno presente en los efluentes vertidos a cuerpos de agua. En las aguas residuales domésticas, la carga de nitrógeno se determinó a partir del consumo per cápita de proteína, la fracción de nitrógeno en proteínas y los factores de corrección asociados a proteína no consumida y aportes industriales o comerciales. Para las aguas residuales industriales, las estimaciones se basaron en el contenido de nitrógeno presente en las corrientes residuales de cada sector industrial, considerando adicionalmente las eficiencias de remoción asociadas a las diferentes tecnologías de tratamiento.

Para la estimación de contaminantes atmosféricos distintos de los gases de efecto invernadero, se empleó la metodología de factores de emisión propuesta por la guía EMEP/EEA (European Environment Agency, 2019f), mediante la relación directa entre los datos de actividad y los factores de emisión específicos para cada contaminante. En la categoría 5.D.1 se estimaron emisiones de NH_3 asociadas a sistemas descentralizados de saneamiento (letrinas), mientras que para la categoría 5.D.2 se estimaron emisiones de compuestos orgánicos volátiles distintos del metano (COVDM) asociadas al tratamiento de aguas residuales industriales.

El inventario nacional usó la caracterización de los sistemas de tratamiento de aguas residuales mediante la homologación de las tecnologías reportadas en las fuentes nacionales de información con las categorías de tratamiento definidas por el IPCC. Para las aguas residuales domésticas, la participación de cada tecnología fue ponderada utilizando el caudal de diseño reportado por las plantas de tratamiento, permitiendo una representación más consistente de la contribución relativa de los sistemas aerobios y anaerobios utilizados en el país. A continuación, en la Tabla 7-34 se presentan los niveles metodológicos adoptados y las ecuaciones fundamentales utilizadas para la estimación de emisiones de gases de efecto invernadero y contaminantes criterio en la categoría 5.D. Tratamiento y eliminación de aguas residuales.

Tabla 7-34. Tratamiento y eliminación de aguas residuales: Aspectos metodológicos

Subcategoría	Contaminante	Nivel (Tier)	No. Ecuación	Ecuación	Fuente
5.D.1.Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	CH_4	1	V5 Ch6 Ec.6.1 ajustada	$\boldsymbol{Emisión\ CH_4} = \left[\left(\left(\boldsymbol{P_j} * \boldsymbol{DBO} * \boldsymbol{I}\right) - \boldsymbol{S}\right)\right) * \boldsymbol{EF_j}\right] - \boldsymbol{R}$ Donde: $\boldsymbol{Emisión\ CH_4}$= Emisiones de CH_4 durante el año del inventario. [kg. de CH_4/año] $\boldsymbol{DBO}$ = Materia orgánica per cápita [kg. de DBO/persona/año] $\boldsymbol{S}$ = Componente orgánico separado como lodo [kg. de DBO/año] $\boldsymbol{P_j}$ = Población que utiliza cada sistema $\boldsymbol{j}$= Cada vía o sistema de tratamiento/eliminación $\boldsymbol{EF_j}$= Factor de emisión. [kg. de CH_4/kg. de DBO] $\boldsymbol{R}$= cantidad de CH_4 recuperado durante el año del inventario. [kg. de CH_4/año] $\boldsymbol{I}$ = factor de corrección para DBO industrial adicional eliminado en alcantarillado	IPCC, 2006
	N_2O	1	V5 Ch6 Ec.6.7 V5 Ch6 Ec.6.8	$\mathbf{Emisión\ N_2O} = \mathbf{N_{Efluente}} * \mathbf{EF_{Efluente}} * \left(\frac{44}{28}\right)$ Donde: $\mathbf{Emisión\ N_2O}$= Emisiones de N_2O durante el año del inventario. [kg. de N_2O/año] $\mathbf{N_{Efluente}}$= Nitrógeno en el efluente eliminado en medios acuáticos. [kg. de N/ año] $\mathbf{EF_{Efluente}}$ = factor de emisión para las emisiones de N_2O provenientes de la eliminación en aguas servidas. [kg. de N_2O/kg. de N] $\left(\frac{44}{28}\right)$= corresponde a la conversión. [kg. de N_2O-N en kg. de N_2O] $\boldsymbol{NEfluente} = (\boldsymbol{P} \cdot \boldsymbol{Proteína} \cdot \boldsymbol{FNPR} \cdot \boldsymbol{FNON - CON} \cdot \boldsymbol{FIND - COM}) - \boldsymbol{NLODO}$ Donde $\boldsymbol{P}$ =Población $\boldsymbol{Proteína}$ = Consumo per cápita anual $\boldsymbol{FNPR}$ = Fracción de nitrógeno en proteínas $\boldsymbol{FNON - CON}$= Factor de proteína no consumida $\boldsymbol{FIND - COM}$ Factor de co-descarga industrial/comercial $\boldsymbol{NLODO}$=(Nitrógeno en lodos): Este valor se asume por defecto como 0 debido a la falta de registros específicos sobre la separación de nitrógeno en lodos residuales	IPCC, 2006
	NH_3	1	V. 5, Ch. 5.D. Ec.3	$\boldsymbol{E_{contaminante}} = \boldsymbol{TA} * \boldsymbol{EF_{Contaminante}}$ Donde: $\boldsymbol{E_{contaminante}}$ = emisión anual del contaminante (kt). $\boldsymbol{EF_{Contaminante}}$ = factor de emisión del contaminante. $\boldsymbol{TA}$=Tasa de actividad, correspondiente a la población que utiliza letrinas (o pozos sépticos bajo condiciones similares de almacenamiento de excretas)	EMEP/EEA, 2019
5.D.2. Tratamiento y eliminación aguas residuales industriales	CH_4	1	V5 Ch6 Ec 6.4 V5 Ch6 Ec 6.6	$\boldsymbol{Emisiones\ de\ CH_4} = \sum_i [(\boldsymbol{TOW_i} - \boldsymbol{S_i}) * \boldsymbol{EF_i} - \boldsymbol{R_i}]$	IPCC, 2006

Subcategoría	Contaminante	Nivel (Tier)	No. Ecuación	Ecuación	Fuente
				Donde: TOW_i =Total de la materia degradable de manera orgánica en las aguas residuales de la industria i, en [kg de DQO/año] i= Sector industrial S_i= Componente orgánico separado como lodo durante el año del inventario, en [kg de DQO/año] EF_i= Factor de emisión para la industria i, en [kg de CH_4/kg de DQO], por vía o sistema(s) de tratamiento y/o eliminación utilizada(s) en el año del inventario. Si en una industria se utiliza más de una práctica de tratamiento, este factor debe corresponder a un promedio ponderado R_i= Cantidad de CH_4 recuperada durante el año del inventario, en [kg de CH_4/año] Se puede suponer que la cantidad de lodos removidos y la recuperación de CH_4 en las plantas de tratamiento de aguas residuales de las industrias manufactureras es insignificante $$TOW_i = P_i * W_i * COD_i$$ Donde: P_i= Producción industrial total anual del sector industrial i, en [t/año] W_i= Caudal de aguas residuales generadas en el sector industrial i por unidad de producto, en [m^3/t producto] COD_i= Demanda química de oxígeno (componente industrial orgánico degradable en las aguas residuales) en los vertimientos del sector industrial i, en [kg de DQO/m^3]. $$EFj = B_o * MCF_j$$ Donde: EFj =Factor de Emisión Ponderado B_o= Capacidad máxima de producción de CH_4 (valor por defecto: 0,25 kg CH_4/kg DQO). MCF_j Factor de corrección ponderado según la tecnología (ej. Reactor anaeróbico = 0,8; Lagunas profundas = 0,8; Tratamiento aeróbico = 0)	
	N_2O	1	V5 Ch6 Ec 6.11 V5 Ch6 Ec 6.12 V5 Ch6 Ec 6.13 V5 Ch6 Ec 6.14	$$Emisiones\ de\ N_2O_{Plantas_{IND}} = \left[\sum_i \left(T_{i,j} * EF_i * TN_{IND_i}\right)\right] * \frac{44}{28}$$ Donde: TN_{IND_i}= Nitrógeno total en aguas residuales de la industria i en el año del inventario, en [kg N/año]. j= Vía de eliminación o sistema de tratamiento $T_{i,j}$= Grado de uso de una vía de eliminación o de un sistema de tratamiento j, por cada industria i, en el año de inventario	IPCC, 2006 IPCC, 2019

Subcategoría	Contaminante	Nivel (Tier)	No. Ecuación	Ecuación	Fuente
				$$TN_{IND_i} = P_i * W_i * TN_i$$ $$N_{Eflente,IND} = \sum_j [TN_{IND_i} * T_j * (1 - N_{REM,j})]$$ Donde: $N_{Efluente,IND}$= Nitrógeno en el efluente de aguas residuales industriales vertido a cuerpos de agua, en kg de N/año TN_i= Nitrógeno por unidad de volumen en los vertimientos del sector industrial i, en kg de [TN/m^3]. $N_{REM,j}$= Fracción de nitrógeno total removido por el tratamiento de aguas residuales, por tipo de tratamiento j.	
	COVDM	1	V. 5, Ch. 5.D. Ec.3	$$E_{contaminante} = TA * EF_{Contaminante}$$ Donde: $E_{contaminante}$ = emisión anual del contaminante (kt). $EF_{Contaminante}$ = factor de emisión del contaminante. TA=Tasa de actividad, corresponde al caudal total estimado de aguas industriales (m^3)	EMEP/EEA, 2019

Fuente: Elaboración propia, a partir de IPCC, 2006 y EMEP/EEA, 2019.

7.5.2.1 Datos de actividad de la categoría

Los datos de actividad asociados al tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas e industriales se sustentaron en fuentes oficiales nacionales e internacionales que permitieron caracterizar la generación de carga orgánica, las tecnologías de tratamiento, las coberturas de saneamiento y las actividades económicas asociadas a la generación de vertimientos.

Para la categoría 5.D.1 Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas, se utilizaron las proyecciones y retroproyecciones de población del DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2023a), la información sobre acceso y uso de sistemas de disposición sanitaria proveniente de la Encuesta Nacional de Calidad de Vida (ECV) (Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), 2025c), los registros técnicos de los sistemas de tratamiento de aguas residuales (STAR) reportados al Sistema Único de Información (SUI) de la SSPD(Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2024b), los datos de consumo de proteína per cápita reportados por FAOSTAT (Food & of the United Nations (FAO), 2025) y la información suministrada por los operadores de STAR sobre aprovechamiento de biogás.

Estas fuentes permitieron caracterizar la población atendida, las vías de tratamiento y disposición utilizadas, la carga orgánica generada y el nitrógeno contenido en las aguas residuales, así como refinar la asignación de tecnologías de tratamiento y los factores de corrección de metano (MCF).

Para la categoría 5.D.2 Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales, la principal fuente de información correspondió a la Encuesta Anual Manufacturera (EAM) del DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), 2025d), utilizada para estimar la actividad industrial y derivar la generación de materia orgánica degradable y nitrógeno por grupo industrial. De forma complementaria, se empleó información del Sistema de Información Minero Colombiano (SIMCO) (Unidad de Planeación Minero Energética, 2024) y de la World Steel Association (WSA) para caracterizar la producción de hierro y acero (World Steel Association, 2024). (Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam), 2021)

La Tabla 7-35 presenta las fuentes de información de los datos de actividad utilizados en la categoría de 5.D. Tratamiento y eliminación de aguas residuales, incluyendo los periodos de cobertura, las fuentes de información y las consideraciones metodológicas asociadas, tales como la aplicación de técnicas de empalme y recálculo de las series temporales.

Tabla 7-35. Tratamiento y eliminación de aguas residuales: Fuente de información de datos de actividad

Dato de actividad	Período	Fuente	Observación
5.D.1. Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas			
Población total	1990–2024	DANE (Proyecciones y retroproyecciones)	Insumo transversal para estimar la carga orgánica total (TOW) mediante la DBO per cápita. Se utilizó información a nivel departamental discriminada entre cabecera y resto.
Fracción de hogares según tipo de disposición	1997, 2003, 2007, 2008 y 2010-2024	DANE (Encuesta Nacional de Calidad de Vida - ECV)	Permitió clasificar el acceso a servicios en los hogares y asignar los factores de corrección de metano (MCF) específicos. Hogares desagregados según tipo de disposición: Alcantarillado, Hogares con inodoro conectado a alcantarillado, Hogares con inodoro conectado a pozo séptico, Hogares con inodoro sin conexión, Hogares con letrina o bajamar, Hogares que no informan y Hogares sin servicio sanitario.
	Periodos restantes	Técnica de empalme: DANE (Encuesta Nacional de Calidad de Vida - ECV)	Dado que esta fuente posee periodicidad discontinua en la serie histórica (años 1997, 2003, 2007, 2008 y serie anual desde 2010), se aplicaron técnicas de empalme en los periodos restantes para completar los vacíos de información.
Cobertura y operatividad de plantas de tratamiento (STAR)	2010–2024	SSPD - SUI (Alcantarillado - Reportes técnicos)	Caracterización técnica de 729 sistemas identificados. Información técnica sobre la existencia y tipo de tratamiento. La información incluyó los siguientes niveles de tipos de tratamiento desagregados por Preliminar, Primario, Secundario y Terciario: Cloración, Desarenación, Emisarios Submarinos, Estabilización de lodos, Facultativas, Filtros anaeróbicos, Filtros percoladores, Lagunas anaeróbicas, Lagunas de pulimiento, Lodos activados, Maduración, Militamices, Rayos ultravioleta, Reactores anaeróbios, Reactores UASB, Rejillas, Sedimentación químicamente asistida, Sistemas compactos y Tratamiento de lodos. Esta información se usó para refinar para refinar los MCF.
Consumo de proteína per cápita	1990–2021	FAO / FAOSTAT	Variable usada para calcular el nitrógeno total en los efluentes y las emisiones indirectas de N_2O bajo el enfoque del IPCC
Biogás aprovechado por STARD	2001–2024	Operadores STARD	Datos de actividad específicos sobre el aprovechamiento de metano en las plantas: San Fernando, Aguas Claras, El Salitre y Cañaveralejo, las cuales depuran el 71 % del caudal nacional.
5.D.2. Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales			
Producción industrial anual (Pi) por sectores industriales	1990, 1991, 1992, 1993, 2008 y 2011	Técnica de empalme: DANE (Encuesta Anual Manufacturera - EAM Anexo 6.2, Producción y ventas)	Completitud de series históricas mediante técnicas de empalme para garantizar la consistencia temporal ante vacíos en la EAM para grupos específicos (22 grupos en 1990 y 1991; 10 en 1992; 3 en 1993; y casos puntuales en 1995, 2008 y 2011).
	1992–2024	DANE (Encuesta Anual Manufacturera EAM - Anexo 6.2, Producción y ventas)	Insumo principal para derivar la materia orgánica degradable (TOW) y el nitrógeno total (TN) por grupo industrial, exceptuando hierro y acero.
Producción anual de hierro (mineral de hierro)	1990–2024	UPME (Sistema de información minero colombiano - SIMCO)	Fuente de información específica utilizada para el grupo industrial 5.D.2.h. Manufactura de hierro y acero (mineral de hierro) debido a que la EAM no registra el detalle volumétrico requerido para este mineral.
Producción anual de acero (acero crudo)	1990–2024	World Steel Association (WSA)	Fuente de información internacional utilizada para el grupo industrial 5.D.2.h. Manufactura de hierro (acero crudo) asegurando consistencia con el reporte del sector IPPU.

Nota: DANE: Departamento Administrativo Nacional de Estadística; SSPD: Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios; SUI: Sistema Único de Información; FAO/FAOSTAT: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), base de datos estadística FAOSTAT. Fuente: Elaboración propia.

- **5.D.1. Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas**

Para la subcategoría 5.D.1. Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas, el insumo transversal fue la población total nacional, obtenida de las proyecciones y retroproyecciones oficiales del DANE con base en el Censo 2018 (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2023a). Estos datos se procesaron a nivel departamental y se discriminaron entre cabecera y resto para asegurar la representatividad de las brechas de saneamiento regional.

Para clasificar el acceso a servicios en los hogares, se utilizó la Encuesta Nacional de Calidad de Vida (ECV) del DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), 2025c), la cual permitió desagregar la disposición en siete categorías, incluyendo alcantarillado, pozos sépticos y letrinas. Debido a la periodicidad discontinua de la ECV antes de 2010, se aplicaron técnicas de empalme para garantizar una serie anual continua de la fracción de hogares por tipo de disposición. Este procedimiento consistió en mantener constante la distribución porcentual del año con información disponible para los años subsiguientes hasta la aparición de una nueva medición (lógica de carry forward); asimismo, para el periodo inicial de la serie (1990–1996), se completaron los registros utilizando la estructura observada en la primera encuesta disponible (1997), asegurando la completitud y coherencia de la serie histórica requerida para el inventario.

La caracterización técnica de los sistemas de tratamiento de aguas residuales (STAR) se obtuvo mediante los reportes técnicos del SUI (SSPD) para el periodo 2010–2024 (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2024b). Esta base de datos permitió identificar la existencia y el tipo de tecnología operativa según clasificaciones IPCC. En la sección continua (7.5.2.2 Factores de emisión aplicados en la categoría) se amplían las respectivas especificaciones.

En relación con las emisiones de N_2O, el nitrógeno total en los efluentes fue estimado a partir del consumo de proteína per cápita reportado en la base de datos FAOSTAT de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) para el período 1990–2021 (Food & of the United Nations (FAO), 2025). Para los años 2022–2024, ante la ausencia de información actualizada al momento de la compilación del inventario, se utilizó el valor correspondiente al último año disponible de la serie, manteniéndolo constante para garantizar la completitud de las estimaciones.

En cuanto a la recuperación de metano, para el ciclo BTR2, se identificaron y consultaron directamente los registros operativos de los cuatro grandes Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas (STARD) del país: San Fernando, Aguas Claras, El Salitre y Cañaveralejo, las cuales depuran conjuntamente cerca del 71 % del caudal nacional. De acuerdo con las Directrices del IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006c), el metano recuperado debe descontarse de las emisiones generadas, dado que este gas es capturado y utilizado antes de ser liberado a la atmósfera.

El biogás recuperado se integró de forma bidireccional en el inventario: como un término de sustracción en las emisiones de la categoría 5.D.1 y como un consumo de combustible biogénico en la subcategoría 1.A.4.a.i. Comercial/Institucional.

- **5.D.2. Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales**

Para el componente industrial, la variable base fue la producción industrial anual (Pi) por sectores industriales. Esta información se extrajo de la Encuesta Anual Manufacturera (EAM) del DANE, específicamente de los microdatos de Anexo 6.2 de producción y ventas (Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), 2025d).

La producción industrial empleada para la estimación de emisiones se construyó a partir de los registros de productos reportados en la EAM. Los códigos de producto (CPC) fueron agrupados en categorías industriales (grupos industriales) compatibles con las Directrices 2006 del IPCC para aguas residuales industriales. La Tabla 7-36 presenta la correspondencia entre las categorías IPCC, los productos considerados y los códigos empleados en la construcción de los datos de actividad.

Tabla 7-36. Tratamiento y eliminación de aguas residuales: Agrupación de productos de la EAM según las subcategorías IPCC para aguas residuales industriales

Subcategoría IPCC	Grupo industrial	Principales productos incluidos	N.° aprox. de códigos (CPC)
5.D.2.a	Aceites vegetales	Aceites crudos y refinados de palma, palmiste, soya, coco, maíz, girasol, ajonjolí y otras semillas oleaginosas; mezclas de aceites vegetales y productos derivados.	23
5.D.2.b	Alimentos para animales	Alimentos balanceados para aves, bovinos, porcinos, peces, equinos y otras especies; premezclas y preparaciones alimenticias especiales.	11
5.D.2.c	Café	Café trillado, tostado, molido, instantáneo, liofilizado, descafeinado y extractos de café.	10

Subcategoría IPCC	Grupo industrial	Principales productos incluidos	N.° aprox. de códigos (CPC)
5.D.2.d	Carnes y aves	Carnes frescas, refrigeradas y congeladas; embutidos; grasas animales; harinas de carne; subproductos de matanza y procesados cárnicos.	57
5.D.2.e	Fertilizantes nitrogenados	Urea, amoniaco anhidro, nitrato de amonio, sulfato de amonio, ácido nítrico, fertilizantes nitrogenados y compuestos relacionados.	10
5.D.2.f	Jabón y detergentes	Jabones industriales y de tocador, detergentes líquidos y en polvo, limpiadores, ceras, tensoactivos y productos de aseo.	31
5.D.2.g	Malta y cerveza	Malta, cebada malteada y cervezas.	4
5.D.2.h	Manufactura de hierro y acero	Producción de mineral de hierro y acero crudo.	2 grupos de producción
5.D.2.i	Medicamentos	Medicamentos, vitaminas, hormonas, antibióticos, aminoácidos, productos farmacéuticos y veterinarios.	38
5.D.2.j	Otros alimentos	Productos de panadería, pastas, chocolates, confitería, condimentos, sopas, alimentos preparados, snacks y otras preparaciones alimenticias.	>150
5.D.2.k	Otras bebidas	Refrescos, bebidas gaseosas, agua purificada y hielo.	5
5.D.2.l	Pinturas	Pinturas, barnices, esmaltes, lacas, pigmentos, estucos, diluyentes y recubrimientos.	36
5.D.2.m	Plásticos y resinas	Polímeros, resinas sintéticas, fibras sintéticas, plásticos y productos petroquímicos intermedios.	58
5.D.2.n	Procesamiento del pescado	Pescados congelados, enlatados, harinas y aceites de pescado, crustáceos y moluscos procesados.	15
5.D.2.o	Producción de almidón	Almidones, féculas, dextrinas, glucosas y derivados de cereales y tubérculos.	13
5.D.2.p	Productos lácteos	Leche fluida, quesos, yogur, mantequilla, crema de leche, leche en polvo y derivados lácteos.	31
5.D.2.q	Pulpa y papel	Pulpa química de madera soluble.	1
5.D.2.r	Refinación del azúcar	Azúcar cruda y refinada, melazas, bagazo, mieles y derivados de caña.	12
5.D.2.s	Refinado de alcohol	Ron, aguardiente, whisky, vodka, ginebra, brandy y otras bebidas destiladas.	13
5.D.2.t	Refinerías de petróleo	Gasolinas, ACPM, GLP, combustibles, lubricantes, asfaltos, solventes, parafinas y demás derivados del petróleo.	>60
5.D.2.u	Sustancias químicas orgánicas	Alcoholes, ácidos orgánicos, solventes, colorantes, aceites esenciales, enzimas, compuestos químicos y productos orgánicos industriales.	>100
5.D.2.v	Textiles (naturales)	Algodón cardado o peinado y fibras de fique.	2
5.D.2.w	Verduras, frutas y zumos	Conservas, jugos, pulpas, frutas y hortalizas procesadas, deshidratadas o congeladas.	>70
5.D.2.x	Vino y vinagre	Vinos, vinagres, mostos y bebidas fermentadas.	8

Fuente: elaboración propia, a partir de EAM (DANE)

Con el fin de garantizar la completitud y consistencia temporal de la serie, los vacíos de información identificados en determinados grupos industriales fueron completados mediante procedimientos de empalme sustentados en la producción industrial reportada en EAM. Esta metodología se aplicó principalmente a grupos industriales asociados con alimentos, bebidas, productos lácteos, refinación de azúcar, refinado de alcohol, refinerías de petróleo, plásticos y resinas y sustancias químicas orgánicas. Los empalmes se requirieron principalmente durante el período 1990–1993 y, de manera puntual, para los años 1995, 2008 y 2011, permitiendo reconstruir series históricas consistentes.

Para el grupo industrial específico de hierro y acero (5.D.2.h), ante la falta de detalle en la EAM, los datos de producción de mineral de hierro se obtuvieron del Sistema de Información Minero Colombiano (SIMCO) (Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), 2026)y los de acero crudo de la WSA (World Steel Association, 2024), garantizando la armonización con el sector IPPU.

Finalmente, se procesaron los microdatos del Registro Único Ambiental (RUA) manufacturero administrado por el Ideam para el periodo 2015–2021 (Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam), 2021). Esta fuente administrativa permitió caracterizar las tecnologías de tratamiento y los caudales de vertimiento

reales por cada código CIIU, insumo que se utilizó como factor de ponderación para elevar la representatividad de la serie industrial.

Bajo un criterio de transparencia, se documenta que para este ciclo no se dispuso de reportes sobre el lodo removido (S) en plantas industriales, por lo cual este parámetro se estableció en cero para evitar la subestimación de la carga orgánica en el efluente.

En la Tabla 7-37 se presentan los datos de actividad de la categoría 5.D. Tratamiento y eliminación de aguas residuales.

Tabla 7-37. Tratamiento y eliminación de aguas residuales: datos de actividad por fuente de GEI, carbono negro y contaminantes criterio.

Año	5.D.1.Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas																
	Población por categoría																
	Cabecera	Resto	Total	Inodoro conectado a alcantarillado						Inodoro conectado a pozo séptico	Inodoro sin conexión	Letrina o bajamar	No informan	Sin servicio sanitario			Total
				Digestor anaeróbico de lodos	Eliminación río, mar, lago	Laguna anaerobia poco profunda	Laguna anaerobia profunda	Planta de tratamiento centralizado aerobio	Reactor Anaerobio	Eliminación río, mar, lago	Eliminación río, mar, lago	Eliminación río, mar, lago	Eliminación río, mar, lago	Eliminación río, mar, lago	Letrina familiar	Sistema séptico	
	Cápita	Cápita	Cápita	Cápita	Cápita	Cápita	Cápita	Cápita	Cápita	Cápita	Cápita	Cápita	Cápita	Cápita	Cápita	Cápita	Cápita
1990	22.908.598	10.736.062	***33.644.660***	1	11.242.931	3.805.279	3.735.725	2.719.299	1.030.291	4.889.967	2.196.355	910.659	3.563	1.036.864	1.036.864	1.036.864	***33.644.660***
1991	23.507.148	10.721.029	***34.228.177***	180.496	11.540.803	4.236.781	3.776.361	3.129.316	190.478	4.933.513	2.197.871	919.384	3.678	1.039.832	1.039.832	1.039.832	***34.228.177***
1992	24.113.237	10.710.718	***34.823.955***	184.434	11.724.899	4.515.876	3.595.548	3.367.279	194.976	4.978.894	2.200.727	928.326	3.791	1.043.068	1.043.068	1.043.068	***34.823.955***
1993	24.740.012	10.701.856	***35.441.868***	214.692	12.036.350	4.751.137	3.468.028	3.204.040	457.415	5.024.573	2.203.479	937.479	3.903	1.046.924	1.046.924	1.046.924	***35.441.868***
1994	25.359.269	10.690.847	***36.050.116***	221.260	12.341.210	5.169.586	3.359.895	3.248.361	334.517	5.067.066	2.206.374	946.370	4.021	1.050.485	1.050.485	1.050.485	***36.050.116***
1995	25.963.489	10.698.784	***36.662.272***	577.261	11.139.049	5.604.736	2.508.230	5.095.126	284.290	5.114.102	2.211.840	956.210	4.131	1.055.766	1.055.766	1.055.766	***36.662.272***
1996	26.575.413	10.699.039	***37.274.452***	652.587	11.156.951	5.641.495	2.642.698	5.340.631	312.604	5.161.276	2.217.848	965.721	4.237	1.059.468	1.059.468	1.059.468	***37.274.452***
1997	27.171.598	10.710.043	***37.881.642***	724.890	10.655.951	5.614.624	2.537.907	6.154.949	586.314	5.208.105	2.224.271	975.752	4.342	1.064.845	1.064.845	1.064.845	***37.881.642***
1998	27.768.908	10.709.386	***38.478.294***	809.655	10.907.890	5.054.646	2.340.061	6.542.954	1.145.819	5.250.013	2.228.602	984.599	4.447	1.069.870	1.069.870	1.069.870	***38.478.294***
1999	28.343.432	10.717.904	***39.061.336***	902.568	10.517.811	5.137.141	2.465.908	6.977.551	1.307.398	5.293.074	2.233.458	994.694	4.550	1.075.728	1.075.728	1.075.728	***39.061.336***
2000	28.896.348	10.729.829	***39.626.177***	2.231.763	4.175.667	5.833.066	2.119.076	11.642.197	1.797.454	5.330.561	2.236.080	1.003.654	4.650	1.084.003	1.084.003	1.084.003	***39.626.177***
2001	29.437.639	10.732.424	***40.170.063***	3.069.804	4.252.027	4.947.133	1.494.898	12.776.175	1.734.858	5.367.969	2.238.905	1.012.193	4.742	1.090.453	1.090.453	1.090.453	***40.170.063***
2002	29.923.663	10.770.845	***40.694.508***	3.103.109	2.934.084	5.070.198	1.434.004	14.235.624	1.932.383	5.410.423	2.244.889	1.022.734	4.825	1.100.744	1.100.744	1.100.744	***40.694.508***
2003	30.386.640	10.818.455	***41.205.095***	3.282.186	2.238.669	5.281.777	1.429.099	14.929.085	1.963.827	5.454.886	2.252.001	1.033.859	4.899	1.111.602	1.111.602	1.111.602	***41.205.095***
2004	30.834.670	10.872.823	***41.707.493***	3.307.637	2.266.362	5.336.496	1.414.057	15.338.076	1.865.239	5.500.568	2.260.004	1.045.093	4.964	1.122.999	1.122.999	1.122.999	***41.707.493***
2005	31.271.623	10.926.459	***42.198.082***	3.350.910	1.830.058	5.394.500	1.407.335	15.857.200	2.080.905	5.545.915	2.268.192	1.056.078	5.016	1.133.991	1.133.991	1.133.991	***42.198.082***
2006	31.713.882	10.989.176	***42.703.058***	3.514.447	1.021.584	6.167.251	1.475.248	16.072.243	2.069.670	5.595.087	2.278.642	1.067.513	5.066	1.145.436	1.145.436	1.145.436	***42.703.058***
2007	32.144.782	11.053.271	***43.198.053***	3.513.833	1.029.984	6.229.480	1.730.848	16.163.732	2.041.368	5.644.908	2.289.626	1.078.865	5.114	1.156.765	1.156.765	1.156.765	***43.198.053***
2008	32.124.126	10.765.636	***42.889.762***	3.355.662	1.003.286	6.424.185	1.980.155	15.783.827	1.951.574	7.068.439	1.849.249	258.987	269.368	981.676	981.676	981.676	***42.889.762***
2009	32.505.873	10.790.537	***43.296.410***	3.386.182	1.014.772	6.409.571	1.944.174	16.120.514	1.996.071	7.122.056	1.857.973	197.850	272.628	991.540	991.540	991.540	***43.296.410***
2010	32.911.291	10.858.077	***43.769.368***	3.416.692	1.012.149	6.494.346	2.031.601	16.199.933	2.085.609	7.179.313	1.867.602	200.248	275.844	1.002.010	1.002.010	1.002.010	***43.769.368***
2011	33.367.530	10.871.809	***44.239.339***	3.453.197	1.000.576	6.518.115	1.901.675	16.219.728	2.067.379	8.990.098	1.900.686	284.329	35.875	622.560	622.560	622.560	***44.239.339***
2012	33.398.409	11.163.660	***44.562.069***	3.503.596	1.011.004	5.530.530	1.905.846	17.397.366	2.153.058	9.059.245	1.433.150	363.252	NO	735.007	735.007	735.007	***44.562.069***
2013	34.107.933	11.037.796	***45.145.729***	3.625.421	1.065.273	5.830.571	2.009.403	18.083.878	2.267.698	8.076.815	1.641.435	418.461	NO	708.925	708.925	708.925	***45.145.729***
2014	34.331.199	11.108.693	***45.439.892***	3.647.988	1.075.351	5.703.557	1.851.229	18.778.018	2.157.730	8.140.925	1.650.539	289.358	NO	715.066	715.066	715.066	***45.439.892***
2015	34.696.971	11.185.416	***45.882.387***	3.703.759	1.086.073	5.746.309	1.864.207	19.032.556	2.123.616	8.208.721	1.660.595	292.054	NO	721.499	721.499	721.499	***45.882.387***
2016	35.115.079	11.277.603	***46.392.682***	3.736.741	1.097.626	5.826.059	1.895.231	19.392.211	2.000.407	8.289.204	1.672.794	295.136	NO	729.090	729.090	729.090	***46.392.682***
2017	35.589.362	11.385.918	***46.975.281***	3.796.350	1.109.492	5.811.803	1.930.753	19.734.765	2.009.017	8.383.460	1.687.117	298.623	NO	737.968	737.968	737.968	***46.975.281***
2018	36.251.219	11.555.259	***47.806.478***	3.878.289	1.123.124	5.707.466	1.806.035	20.638.567	1.859.045	8.526.679	1.710.032	303.546	NO	751.231	751.231	751.231	***47.806.478***
2019	37.052.502	11.753.229	***48.805.731***	3.957.494	1.140.854	5.834.631	1.858.303	21.076.929	1.894.474	8.695.908	1.735.351	309.629	NO	767.386	767.386	767.386	***48.805.731***
2020	37.959.626	11.962.232	***49.921.858***	4.021.831	1.159.000	5.861.589	1.929.975	21.708.150	1.929.098	8.878.953	1.761.903	316.331	NO	785.009	785.009	785.009	***49.921.858***
2021	38.537.141	12.103.444	***50.640.585***	4.105.460	1.173.146	5.935.529	1.958.676	22.028.003	1.948.402	9.001.006	1.779.537	320.746	NO	796.693	796.693	796.693	***50.640.585***
2022	38.955.225	12.208.577	***51.163.802***	4.133.313	1.184.202	5.995.674	1.984.165	22.273.374	1.967.902	9.092.536	1.791.992	324.032	NO	805.538	805.538	805.538	***51.163.802***
2023	39.331.212	12.301.729	***51.632.941***	4.165.187	1.192.685	6.056.316	2.000.264	22.451.387	2.020.874	9.175.758	1.802.523	326.975	NO	813.657	813.657	813.657	***51.632.941***
2024	39.725.427	12.400.105	***52.125.532***	4.196.898	1.211.940	6.125.855	2.028.749	22.647.175	2.042.701	9.261.539	1.814.943	329.657	NO	822.025	822.025	822.025	***52.125.532***

Año	5.D.1.Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas																		
	DBO por categoría																	Consumo de proteína per cápita	Biogás aprovechado
	Cabecera	Resto	Total	inodoro conectado a alcantarillado						Inodoro conectado a pozo séptico	Inodoro sin conexión	Letrina o bajamar	No informan	Sin servicio sanitario			Total		
				Digestor anaeróbico de lodos	Eliminación rio, mar, lago	Laguna anaerobia poco profunda	Laguna anaerobia profunda	Planta de tratamiento centralizado aerobio	Reactor Anaerobio	Eliminación rio, mar, lago	Eliminación rio, mar, lago	Eliminación rio, mar, lago	Eliminación rio, mar, lago	Eliminación rio, mar, lago	Letrina familiar	Sistema séptico			
	kt DBO	kt DBO	kt DBO	Kt DBO	kt DBO	kt DBO	Kt DBO	kt DBO	kt DBO	kt DBO	kt DBO	kt DBO	kt DBO	Kt DBO	Kt DBO	Kt DBO	kt DBO	kg/persona /año	
1990	409,3	164,2	**573,5**	0,0	205,2	69,4	68,2	49,6	18,8	71,4	32,1	13,3	0,1	15,1	15,1	15,1	**573,5**	20,6	NE
1991	419,9	163,9	**583,9**	3,3	210,6	77,3	68,9	57,1	3,5	72,0	32,1	13,4	0,1	15,2	15,2	15,2	**583,9**	20,6	NE
1992	430,7	163,8	**594,5**	3,4	214,0	82,4	65,6	61,5	3,6	72,7	32,1	13,6	0,1	15,2	15,2	15,2	**594,5**	20,4	NE
1993	441,9	163,6	**605,5**	3,9	219,7	86,7	63,3	58,5	8,3	73,4	32,2	13,7	0,1	15,3	15,3	15,3	**605,5**	21,5	NE
1994	452,9	163,5	**616,4**	4,0	225,2	94,3	61,3	59,3	6,1	74,0	32,2	13,8	0,1	15,3	15,3	15,3	**616,4**	22,4	NE
1995	463,7	163,6	**627,3**	10,5	203,3	102,3	45,8	93,0	5,2	74,7	32,3	14,0	0,1	15,4	15,4	15,4	**627,3**	23,2	NE
1996	474,6	163,6	**638,2**	11,9	203,6	103,0	48,2	97,5	5,7	75,4	32,4	14,1	0,1	15,5	15,5	15,5	**638,2**	23,7	NE
1997	485,2	163,8	**649,0**	13,2	194,5	102,5	46,3	112,3	10,7	76,0	32,5	14,2	0,1	15,5	15,5	15,5	**649,0**	23,6	NE
1998	495,9	163,7	**659,6**	14,8	199,1	92,2	42,7	119,4	20,9	76,7	32,5	14,4	0,1	15,6	15,6	15,6	**659,6**	23,3	NE
1999	506,1	163,9	**670,0**	16,5	192,0	93,8	45,0	127,3	23,9	77,3	32,6	14,5	0,1	15,7	15,7	15,7	**670,0**	22,8	NE
2000	516,0	164,0	**680,0**	40,7	76,2	106,5	38,7	212,5	32,8	77,8	32,6	14,7	0,1	15,8	15,8	15,8	**680,0**	23,1	NE
2001	525,6	164,0	**689,7**	56,0	77,6	90,3	27,3	233,2	31,7	78,4	32,7	14,8	0,1	15,9	15,9	15,9	**689,7**	23,3	-0,9
2002	534,3	164,6	**698,9**	56,6	53,5	92,5	26,2	259,8	35,3	79,0	32,8	14,9	0,1	16,1	16,1	16,1	**698,9**	23,1	-2,5
2003	542,6	165,3	**707,9**	59,9	40,9	96,4	26,1	272,5	35,8	79,6	32,9	15,1	0,1	16,2	16,2	16,2	**707,9**	23,0	-2,0
2004	550,6	166,1	**716,7**	60,4	41,4	97,4	25,8	279,9	34,0	80,3	33,0	15,3	0,1	16,4	16,4	16,4	**716,7**	22,6	-2,1
2005	558,4	166,9	**725,3**	61,2	33,4	98,4	25,7	289,4	38,0	81,0	33,1	15,4	0,1	16,6	16,6	16,6	**725,3**	22,7	-3,6
2006	566,3	167,9	**734,1**	64,1	18,6	112,6	26,9	293,3	37,8	81,7	33,3	15,6	0,1	16,7	16,7	16,7	**734,1**	23,3	-3,6
2007	574,0	168,8	**742,8**	64,1	18,8	113,7	31,6	295,0	37,3	82,4	33,4	15,8	0,1	16,9	16,9	16,9	**742,8**	23,4	-3,4
2008	573,8	163,7	**737,5**	61,2	18,3	117,2	36,1	288,1	35,6	103,2	27,0	3,8	3,9	14,3	14,3	14,3	**737,5**	23,7	-3,4
2009	580,7	164,1	**744,8**	61,8	18,5	117,0	35,5	294,2	36,4	104,0	27,1	2,9	4,0	14,5	14,5	14,5	**744,8**	22,5	-4,5
2010	588,0	165,1	**753,1**	62,4	18,5	118,5	37,1	295,6	38,1	104,8	27,3	2,9	4,0	14,6	14,6	14,6	**753,1**	22,4	-3,7
2011	596,6	163,0	**759,6**	63,0	18,3	119,0	34,7	296,0	37,7	131,3	27,8	4,2	0,5	9,1	9,1	9,1	**759,6**	22,8	-4,2
2012	598,3	167,3	**765,6**	63,9	18,5	100,9	34,8	317,5	39,3	132,3	20,9	5,3	NO	10,7	10,7	10,7	**765,6**	23,4	-6,0
2013	611,4	167,7	**779,1**	66,2	19,4	106,4	36,7	330,0	41,4	117,9	24,0	6,1	NO	10,4	10,4	10,4	**779,1**	23,5	-6,5
2014	615,8	168,8	**784,7**	66,6	19,6	104,1	33,8	342,7	39,4	118,9	24,1	4,2	NO	10,4	10,4	10,4	**784,7**	25,0	-6,3
2015	622,4	170,0	**792,4**	67,6	19,8	104,9	34,0	347,3	38,8	119,8	24,2	4,3	NO	10,5	10,5	10,5	**792,4**	25,7	-6,3
2016	629,9	171,4	**801,2**	68,2	20,0	106,3	34,6	353,9	36,5	121,0	24,4	4,3	NO	10,6	10,6	10,6	**801,2**	25,9	-6,7
2017	638,4	173,0	**811,4**	69,3	20,2	106,1	35,2	360,2	36,7	122,4	24,6	4,4	NO	10,8	10,8	10,8	**811,4**	26,4	-7,1
2018	650,2	175,6	**825,8**	70,8	20,5	104,2	33,0	376,7	33,9	124,5	25,0	4,4	NO	11,0	11,0	11,0	**825,8**	26,6	-7,6
2019	664,5	178,6	**843,1**	72,2	20,8	106,5	33,9	384,7	34,6	127,0	25,3	4,5	NO	11,2	11,2	11,2	**843,1**	27,4	-6,2
2020	680,8	181,7	**862,5**	73,4	21,2	107,0	35,2	396,2	35,2	129,6	25,7	4,6	NO	11,5	11,5	11,5	**862,5**	27,5	-14,0
2021	691,1	183,8	**874,9**	74,9	21,4	108,3	35,7	402,0	35,6	131,4	26,0	4,7	NO	11,6	11,6	11,6	**874,9**	28,4	-14,5
2022	698,6	185,4	**884,0**	75,4	21,6	109,4	36,2	406,5	35,9	132,8	26,2	4,7	NO	11,8	11,8	11,8	**884,0**	28,4	-17,8
2023	705,3	186,8	**892,1**	76,0	21,8	110,5	36,5	409,7	36,9	134,0	26,3	4,8	NO	11,9	11,9	11,9	**892,1**	28,4	-21,4
2024	712,3	188,3	**900,7**	76,6	22,1	111,8	37,0	413,3	37,3	135,2	26,5	4,8	NO	12,0	12,0	12,0	**900,7**	28,4	-19,6

Año	5.D.2. Tratamiento y eliminación aguas residuales industriales											
	Producción industrial anual											
	5.D.2.a. Aceites vegetales	5.D.2.b. Alimentos para animales	5.D.2.c. Café	5.D.2.d. Carnes y aves	5.D.2.e. Fertilizantes nitrogenados	5.D.2.f. Jabón y detergentes	5.D.2.g. Malta y cerveza	5.D.2.h. Manufactura de hierro y acero	5.D.2.i. Medicamentos	5.D.2.j. Otros alimentos	5.D.2.k. Otras bebidas	5.D.2.l. Pinturas
	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t
1990	307.813,3	1.768.334,1	515.716,0	362.719,4	562.428,6	372.541,1	1.561.826,7	1.329.257,0	8.590,9	581.258,2	2.645.202,0	87.430,0
1991	307.813,3	1.768.334,1	515.716,0	362.719,4	562.428,6	372.541,1	1.561.826,7	1.337.490,0	8.590,9	581.258,2	2.645.202,0	87.430,0
1992	348.490,9	1.768.334,1	526.774,3	381.966,6	562.428,6	377.883,0	1.561.826,7	1.370.225,0	8.590,9	609.796,0	2.645.202,0	87.430,0
1993	407.225,3	1.860.886,6	464.653,4	395.721,2	552.748,8	385.807,9	1.580.961,4	1.231.775,0	10.820,6	596.916,1	2.632.532,9	100.178,3
1994	421.920,9	2.051.715,6	466.214,1	432.993,3	606.616,3	399.590,1	1.690.472,4	1.302.915,0	7.911,7	615.117,1	2.870.578,2	108.980,9
1995	473.581,4	2.317.136,8	379.998,1	474.670,8	639.761,5	452.828,3	2.174.279,7	1.448.000,0	4.907,2	740.305,2	3.016.728,8	129.500,3
1996	471.894,1	2.506.618,4	376.189,5	498.219,5	656.318,2	462.686,0	1.981.876,6	1.300.716,0	5.251,4	802.784,2	3.065.431,8	137.719,6
1997	499.756,9	2.443.234,9	441.442,8	532.997,3	732.698,7	662.554,7	1.923.819,0	1.488.772,0	3.975,3	797.962,1	3.675.248,9	185.335,9
1998	512.222,2	2.547.688,7	443.765,4	546.188,1	700.157,5	552.023,8	1.814.367,4	1.161.825,0	6.018,0	969.478,8	3.462.213,5	145.130,9
1999	603.198,4	2.437.827,2	373.026,3	580.578,7	632.918,3	545.107,4	1.549.482,0	1.110.414,0	6.646,3	885.001,7	2.598.878,6	138.812,9
2000	473.220,2	2.532.171,1	323.808,0	665.055,6	682.411,6	501.523,1	1.557.525,8	1.320.109,0	8.025,3	1.055.075,6	2.631.107,9	158.212,9
2001	538.059,1	2.663.521,1	362.210,2	699.663,2	625.662,0	397.786,4	1.474.225,0	1.274.837,0	11.596,9	1.068.636,7	3.202.886,2	158.557,0
2002	502.743,9	2.908.815,2	427.329,1	738.195,3	680.114,9	459.076,6	1.624.231,2	1.352.106,0	4.467,9	1.133.217,2	3.089.269,5	152.511,5
2003	492.887,7	2.939.339,7	409.056,2	813.196,9	900.832,4	439.249,2	1.616.648,2	1.293.002,0	7.953,0	1.166.369,5	3.163.241,7	179.187,9
2004	564.805,0	2.965.374,3	431.995,5	866.657,1	847.755,0	486.412,8	1.581.979,8	1.317.222,0	7.004,4	1.297.527,6	3.053.434,1	183.533,5
2005	560.506,5	4.816.209,7	450.779,7	886.662,6	998.597,7	507.477,2	1.824.331,7	1.449.559,0	8.601,8	1.381.572,4	3.612.292,9	198.484,5
2006	621.532,6	3.552.825,9	480.460,9	951.824,1	920.109,7	560.475,6	1.913.160,2	1.864.151,0	10.628,8	1.460.086,1	3.911.915,9	209.790,7
2007	571.910,2	3.806.576,1	478.248,0	1.018.633,3	861.161,9	592.999,1	1.999.536,7	1.883.930,0	9.586,1	1.524.706,9	4.224.929,3	247.269,3
2008	746.034,1	3.859.183,9	421.001,5	1.273.911,5	1.027.620,7	673.062,6	2.119.437,7	1.526.273,0	14.462,6	1.647.645,4	4.647.586,6	287.445,2
2009	716.877,6	3.757.716,0	295.120,2	1.332.357,8	992.114,9	682.870,1	2.102.268,2	1.333.772,7	12.652,0	1.634.616,8	3.921.949,6	273.697,3
2010	670.854,4	3.996.759,7	336.915,7	1.310.275,0	1.041.534,5	686.125,7	2.029.934,5	1.290.048,0	15.909,1	1.656.154,6	3.835.805,0	260.234,9
2011	796.570,8	3.868.821,5	312.328,2	1.416.868,7	1.187.605,9	709.690,1	2.130.157,8	1.461.459,0	16.834,9	1.746.933,7	4.459.301,5	299.454,7
2012	744.592,3	3.983.057,0	278.764,9	1.434.379,5	1.072.548,2	769.765,7	2.258.369,4	2.111.224,0	22.064,4	1.835.465,9	4.467.125,6	314.922,7
2013	1.246.634,7	4.209.707,5	408.636,7	1.531.324,7	1.192.307,4	807.912,7	2.242.693,8	1.946.047,0	20.290,5	2.271.770,0	4.574.546,3	323.477,3
2014	1.253.471,5	4.636.011,6	476.608,0	1.673.187,2	1.066.598,8	862.189,6	2.239.264,9	1.884.180,2	20.537,6	2.305.061,0	5.002.764,1	449.726,2
2015	1.376.564,7	5.187.708,4	527.542,9	1.758.815,4	1.153.622,3	893.345,7	2.401.503,0	2.113.451,0	24.161,0	2.399.087,7	5.075.816,8	528.529,6
2016	1.391.939,4	5.412.255,8	563.260,3	1.820.572,2	1.065.979,4	921.017,0	2.479.523,8	1.987.881,0	26.095,1	2.938.372,7	5.173.185,0	494.199,9
2017	1.586.326,4	5.620.258,1	557.006,7	1.906.769,9	982.035,7	963.654,6	2.365.306,4	1.965.868,0	24.240,5	2.713.122,6	4.940.040,7	462.044,5
2018	1.558.890,6	5.930.858,6	561.816,4	1.924.280,4	1.072.562,8	1.042.978,4	2.469.273,1	1.794.578,0	22.823,0	2.738.705,0	5.326.704,3	492.877,9
2019	1.722.554,8	6.229.699,4	576.205,9	2.050.511,5	1.064.542,4	1.207.177,8	2.689.389,2	2.000.207,0	27.183,1	2.838.366,1	5.656.639,2	517.396,8
2020	1.440.937,3	6.477.006,2	561.434,5	2.065.553,6	1.230.437,4	1.320.474,3	2.432.579,8	1.936.121,0	20.329,9	2.818.742,9	5.841.218,0	494.145,6
2021	1.588.695,3	6.748.399,0	586.252,6	2.105.010,0	1.305.044,1	1.415.210,6	2.973.706,7	2.087.890,0	26.072,6	2.977.347,5	5.745.810,1	635.315,4
2022	1.578.566,1	7.791.039,5	611.437,3	2.262.462,4	1.064.612,2	1.403.600,2	3.208.289,2	1.817.481,0	29.153,8	3.243.209,6	6.671.238,2	563.133,2
2023	1.391.428,8	7.681.032,4	516.487,4	2.287.636,6	1.004.003,7	1.441.953,0	3.223.429,4	2.026.728,0	31.746,8	3.202.496,8	6.800.421,6	503.601,8
2024	1.457.624,5	7.475.250,3	568.713,4	2.316.722,3	1.027.541,3	1.477.012,6	3.314.039,7	1.798.142,0	30.838,2	3.153.053,0	6.855.072,0	441.570,4

Año	5.D.2. Tratamiento y eliminación aguas residuales industriales												
	Producción industrial anual												
	5.D.2.m. Plásticos y resinas	5.D.2.n. Procesamiento del pescado	5.D.2.o. Producción de almidón	5.D.2.p. Productos lácteos	5.D.2.q. Pulpa y papel (combinados)	5.D.2.r. Refinación del azúcar	5.D.2.s. Refinado de alcohol	5.D.2.t. Refinerías de petróleo	5.D.2.u. Sustancias químicas orgánicas	5.D.2.v. Textiles (naturales)	5.D.2.w. Verduras, frutas y zumos	5.D.2.x. Vino y vinagre	Total
	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t
1990	423.246,3	15.343,9	107.764,5	1.039.811,2	155.975,0	3.100.239,7	139.630,3	12.281.973,5	184.714,5	0,0	60.035,2	24.918,6	***27.636.770,1***
1991	423.246,3	15.343,9	107.764,5	1.039.811,2	155.975,0	3.100.239,7	139.630,3	12.281.973,5	184.714,5	0,0	60.035,2	24.918,6	***27.645.003,1***
1992	423.246,6	15.343,9	107.764,5	1.039.811,2	155.975,0	3.100.239,7	139.630,3	12.282.021,5	184.714,5	0,0	60.092,4	24.918,6	***27.782.706,5***
1993	519.968,6	15.665,9	119.490,5	1.098.002,1	151.758,0	2.867.462,2	143.637,2	12.695.497,4	260.288,5	0,0	70.827,2	34.838,3	***28.197.663,2***
1994	536.813,7	13.973,6	120.568,9	1.217.821,5	161.632,0	2.909.540,8	146.745,8	12.625.598,3	246.300,6	0,0	65.418,2	28.492,6	***29.047.931,7***
1995	710.557,0	31.388,3	90.880,6	1.392.407,0	163.009,0	3.508.358,6	212.001,5	13.686.926,3	315.880,7	162,7	84.303,4	26.276,8	***32.473.849,7***
1996	600.281,6	33.335,0	71.269,9	1.433.202,4	156.938,0	3.019.683,7	122.819,7	17.179.309,4	292.888,8	0,0	131.324,8	28.077,2	***35.334.835,5***
1997	698.581,1	56.755,1	71.857,4	1.505.317,0	158.990,0	2.995.814,3	121.151,8	12.843.411,4	306.959,8	1.222,7	133.556,3	27.331,4	***32.308.746,7***
1998	685.201,1	41.563,5	70.853,0	1.492.324,8	163.168,0	3.009.854,3	110.396,9	12.726.853,4	270.800,2	931,3	223.275,4	21.265,7	***31.677.566,9***
1999	658.462,2	43.111,8	70.000,4	1.416.288,6	173.456,0	3.092.304,9	120.014,2	13.569.622,3	282.569,5	838,8	204.720,8	20.733,9	***31.114.015,2***
2000	722.675,4	47.203,9	84.651,9	1.575.501,2	191.146,0	3.354.315,7	122.714,9	11.903.992,5	313.093,3	1.014,7	210.873,5	23.069,9	***30.458.499,2***
2001	725.113,3	41.896,0	73.526,8	1.587.953,7	178.715,0	3.319.895,3	119.738,8	29.726.117,8	331.844,0	1.146,5	282.053,6	24.527,7	***48.890.169,2***
2002	844.846,1	51.411,1	81.459,6	1.573.796,1	180.711,0	3.554.096,3	105.890,7	12.855.206,7	351.516,2	1.214,3	293.651,2	21.901,7	***32.987.779,2***
2003	884.834,6	49.951,7	88.029,4	1.571.916,9	189.004,0	3.829.832,8	101.162,2	10.193.878,5	366.359,5	42,8	253.182,8	20.878,2	***30.970.037,8***
2004	993.555,1	57.237,0	85.705,8	1.681.805,3	188.525,0	4.403.389,9	103.251,6	10.618.799,5	375.397,1	0,0	263.002,3	20.739,2	***32.395.108,8***
2005	1.039.940,1	55.343,0	91.073,2	1.679.068,4	189.698,0	4.536.257,1	104.803,5	10.004.181,2	425.550,7	61,0	180.577,0	20.547,8	***35.022.176,8***
2006	1.086.515,2	53.880,8	110.518,2	1.829.679,5	195.546,0	4.010.745,5	100.139,7	10.929.584,4	603.696,0	59,3	93.554,4	22.259,5	***35.493.139,9***
2007	1.161.491,7	57.932,3	105.496,2	1.838.594,2	188.305,0	3.572.115,9	99.364,3	11.390.814,5	642.077,7	73,9	105.232,5	22.585,1	***36.403.570,3***
2008	1.204.193,6	52.824,7	99.512,7	1.970.881,3	186.720,0	3.188.325,7	102.102,8	12.481.227,3	551.925,1	77,8	96.694,2	19.466,1	***38.197.616,1***
2009	1.063.894,7	45.691,6	116.470,5	1.977.621,5	206.427,0	3.567.937,3	105.338,6	12.621.477,4	956.694,8	86,5	106.771,8	20.026,1	***37.844.451,0***
2010	985.546,4	40.507,9	142.133,1	2.045.393,4	233.274,0	2.837.201,7	110.404,9	12.715.198,6	1.064.665,2	208,7	108.223,9	19.357,0	***37.432.665,8***
2011	1.048.508,3	38.160,1	136.509,3	2.200.346,0	229.323,0	3.739.006,4	102.169,9	13.262.551,9	1.064.106,9	297,0	112.538,0	19.216,7	***40.358.760,1***
2012	997.120,2	41.416,1	142.285,9	2.253.421,2	243.684,0	3.383.865,7	102.290,1	11.364.851,8	1.265.720,4	105,5	106.478,7	18.839,2	***39.212.358,5***
2013	961.182,3	46.547,2	200.991,0	2.347.571,3	234.488,0	4.028.215,8	99.510,3	14.928.361,6	1.136.326,0	220,1	145.042,9	22.181,3	***44.925.986,5***
2014	1.226.187,1	44.964,4	211.374,1	2.515.656,1	238.174,0	4.369.750,3	83.770,3	13.961.807,0	1.444.145,3	226,2	182.338,3	22.810,1	***46.170.803,8***
2015	1.376.677,2	33.696,1	214.216,3	2.528.080,3	233.836,0	4.085.531,9	78.272,1	13.899.607,1	1.337.360,8	207,2	283.250,0	23.063,2	***47.533.947,0***
2016	1.490.890,2	33.040,8	230.183,3	2.472.558,8	237.916,0	4.104.482,4	85.086,2	17.623.561,7	2.081.754,3	126,4	379.944,0	27.121,8	***53.040.947,6***
2017	1.528.761,1	27.603,9	204.555,9	2.388.375,5	240.638,0	4.106.287,5	109.154,5	18.884.233,7	1.685.875,7	123,7	369.186,7	24.909,2	***53.656.379,3***
2018	1.440.292,8	32.175,5	193.793,6	2.506.604,8	241.982,0	3.907.069,9	101.049,9	18.629.589,1	1.884.769,8	101,0	339.080,6	28.450,9	***54.241.308,6***
2019	1.538.778,6	30.385,8	198.565,5	2.558.385,6	243.187,0	3.642.728,7	91.513,9	18.009.404,1	1.773.604,4	105,1	309.973,2	27.302,9	***55.003.807,9***
2020	1.367.685,9	37.042,2	127.499,8	2.531.827,1	242.252,0	3.370.157,3	63.915,8	12.758.054,6	2.372.509,3	110,0	292.145,2	26.380,7	***49.828.560,3***
2021	1.472.570,3	36.198,0	112.237,4	2.414.880,7	219.368,0	3.124.728,1	92.905,1	18.237.262,5	1.880.161,3	109,6	329.176,4	27.069,0	***56.141.420,1***
2022	1.431.605,3	38.315,6	142.711,8	2.485.894,5	246.159,0	4.401.820,5	103.771,4	18.331.330,3	2.462.473,6	111,5	420.501,3	28.413,8	***60.337.331,1***
2023	1.225.702,5	38.226,9	173.375,8	2.502.272,3	227.523,0	3.979.374,7	111.609,0	20.123.559,7	2.144.414,0	101,9	415.951,2	29.389,4	***61.082.466,7***
2024	1.047.781,0	41.057,4	239.821,1	2.430.260,2	256.773,0	4.387.902,7	104.993,2	18.880.101,7	2.355.429,2	69,1	401.288,0	28.301,5	***60.089.358,0***

Fuente: Elaboración propia.

7.5.2.2 Factores de emisión aplicados en la categoría

Los factores de emisión y parámetros metodológicos para la categoría 5.D. Tratamiento y eliminación de aguas residuales en el ciclo BTR2 se consolidaron mediante una integración de las Directrices del IPCC de 2006, sus Refinamientos de 2019 y la Guía EMEP/EEA 2019 (European Environment Agency, 2019g; Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006d, 2019c). El inventario se estructuró a partir de dos flujos con dinámicas de generación diferenciadas: las aguas de origen doméstico (5.D.1) y las de origen industrial (5.D.2).

En la subcategoría 5.D.1. Aguas residuales domésticas, el modelo se fundamentó en un enfoque Tier 1, basado en las estimaciones de CH_4 a partir de la relación entre el crecimiento demográfico y la carga orgánica, empleando variables dinámicas como el consumo de proteína per cápita de FAOSTAT (FAO, 2023). Este componente integró datos de recuperación de metano (R) obtenidos directamente de los registros operativos de las cuatro grandes plantas de tratamiento del país, asegurando que las emisiones reportadas correspondan al flujo neto liberado.

Por su parte, la subcategoría 5.D.2. Aguas residuales industriales implementó un enfoque de nivel 1 avanzado para CH_4 y Tier 2 para COVDM. El principal avance consistió en el uso de microdatos del Registro Único Ambiental (RUA) manufacturero (Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam), 2021). La Tabla 7-38 presenta los factores de emisión y parámetros empleados en la estimación de emisiones de la subcategoría 5.D.1. Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas.

Tabla 7-38. Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas: factores de emisión aplicados por fuente de GEI, carbono negro y contaminantes criterio

Subcategoría IPCC	Fuente FE	Nivel (Tier)	Clasif.		Cont	Valor	Unidad
5.D.1.Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	IPCC, 2006 Cu.6.3 V.5 Ch.6	1	Factor de emisión (EF=Bo *MCF)	Digestor anaeróbico de lodos	CH_4	4,8E-01	kg CH_4/kg DBO
		1		Eliminación río, mar, lago	CH_4	6,0E-02	kg CH_4/kg DBO
		1		Laguna anaerobia poco profunda	CH_4	1,2E-01	kg CH_4/kg DBO
		1		Laguna anaerobia profunda	CH_4	4,8E-01	kg CH_4/kg DBO
		1		Letrina familiar	CH_4	6,0E-02	kg CH_4/kg DBO
		1		Planta de tratamiento centralizado aerobio	CH_4	0,0	kg CH_4/kg DBO
		1		Reactor Anaerobio	CH_4	4,8E-01	kg CH_4/kg DBO
		1		Sistema séptico	CH_4	3,0E-01	kg CH_4/kg DBO
		1	Proporción DBO por persona anual	DBO per cápita (específico país)	CH_4	14,6	kg DBO/persona/año
		1	Descarga en alcantarillado	Factor de corrección para DBO industrial (I)	CH_4	1,25	Fracción
	IPCC, 2006 Cu.6.11 V.5 Ch.6	1	Fracción de nitrógeno en proteínas	Contenido de Nitrógeno (FNPR)	N_2O	1,6E-01	kg N/kg proteína
		1	Emisiones indirectas por efluente	Factor de Emisión ($EF_{Efluentes}$)	N_2O	5,0E-03	kg N_2O–N/kg N
		1	Factor conversión kg N_2O–N en kg N_2O	Conversión molecular	N_2O	1,6	Adimensional
		1	Factor de proteína industrial/comercial	Co-descarga industrial/comercial (FIND)	N_2O	1,3	Adimensional
		1	Factor de ajuste para países en desarrollo	Proteína no consumida (FNON)	N_2O	1,1	Adimensional
	FAOSTAT	1	Consumo de proteína per cápita	1990-2024	N_2O	[20,6 – 28,4]	kg/persona/año
	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch. 5 Cu.3-2	1	Factor de emisión por disposición in situ	Población con letrinas	NH_3	1,6E-06	kt/persona/año

Nota: Cont: Contaminante. Clasif: Clasificación del factor.

Fuente: Elaboración a partir de EMEP/EEA (2019), IPCC (2006), FAOSTAT.

- **5.D.1.Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas**

La estimación de las emisiones en la subcategoría 5.D.1 se fundamentó en un enfoque de Nivel 1 (Tier 1) de las Directrices del IPCC de 2006 (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006c), complementado con la incorporación de parámetros específicos para el contexto colombiano que garantizaron la exactitud y consistencia de la serie histórica 1990–2024. Para Metano (CH_4), el factor de emisión final (EF_j) para cada tecnología de tratamiento se derivó del producto entre la capacidad máxima de producción de metano (B_o=0,6 kg CH_4/kg DBO) y el factor de corrección de metano (MCF) correspondiente al sistema de gestión.

La selección de los MCF para Colombia se ha refinado mediante la caracterización técnica de los 729 sistemas de tratamiento (STAR) identificados en el territorio nacional (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2024c). La clasificación de las tecnologías de tratamiento se realizó mediante un proceso de homologación con las categorías de tratamiento definidas por las Directrices 2006 del IPCC.

Se caracterizaron 729 sistemas de tratamiento de aguas residuales reportados. A partir de esta información se identificaron 747 registros tecnológicos correspondientes a distintas combinaciones de tecnologías y niveles de tratamiento, los cuales fueron homologados a las categorías de tratamiento definidas por el IPCC y utilizados para la ponderación de los MCF.

La Tabla 7-39 presenta las tecnologías utilizadas en los sistemas de tratamiento del país, la categoría IPCC asignada y el rango de caudal de diseño observado para cada tecnología. Esta información construida a partir de registros operativos de alcantarillado del Sistema único de Información (SUI) de la SSPD (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2024b) fue utilizada posteriormente para ponderar la participación relativa de cada sistema de tratamiento en la estimación de emisiones de CH_4.

Tabla 7-39. Tratamiento y eliminación de aguas residuales. Caracterización de las tecnologías de tratamiento utilizadas en la estimación de CH_4 para aguas residuales domésticas.

Tecnología reportada	Nivel de tratamiento	N°. sistemas	Categoría IPCC asignada	Caudal de diseño (l/s)	
				Min	Max
Cloración	Primario	5	Planta de tratamiento centralizado aerobio	0,2	189,0
Cloración	Secundario	14	Planta de tratamiento centralizado aerobio	1,4	200,0
Cloración	Terciario	6	Planta de tratamiento centralizado aerobio	2,0	60,0
Desarenación	Preliminar	8	Planta de tratamiento centralizado aerobio	0,0	4.300,0
Desarenación	Primario	56	Planta de tratamiento centralizado aerobio	0,0	7.600,0
Desarenación	Secundario	98	Planta de tratamiento centralizado aerobio	0,1	7.000,0
Desarenación	Terciario	23	Planta de tratamiento centralizado aerobio	1,5	473,0
Emisarios submarinos	Preliminar	1	Planta de tratamiento centralizado aerobio	3.935,0	3.935,0
Emisarios submarinos	Primario	2	Planta de tratamiento centralizado aerobio	46,0	2.500,0
Emisarios submarinos	Secundario	2	Planta de tratamiento centralizado aerobio	350,0	2.500,0
Estabilización de lodos	Preliminar	2	Laguna anaerobia poco profunda	5,0	134,7
Estabilización de lodos	Primario	23	Laguna anaerobia poco profunda	1,0	4.000,0
Estabilización de lodos	Secundario	27	Laguna anaerobia poco profunda	0,8	7.000,0
Estabilización de lodos	Terciario	9	Laguna anaerobia poco profunda	3,0	473,0
Lagunas facultativas	Preliminar	6	Laguna anaerobia poco profunda	0,0	80,0
Lagunas facultativas	Primario	47	Laguna anaerobia poco profunda	0,0	2.578.416
Lagunas facultativas	Secundario	53	Laguna anaerobia poco profunda	5,0	1.098,0
Lagunas facultativas	Terciario	5	Laguna anaerobia poco profunda	6,0	473,0

Tecnología reportada	Nivel de tratamiento	N°. sistemas	Categoría IPCC asignada	Caudal de diseño (l/s)	
				Min	Max
Filtros anaeróbicos	Preliminar	6	Reactor anaerobio	0,0	10,0
Filtros anaeróbicos	Primario	21	Reactor anaerobio	0,0	189,0
Filtros anaeróbicos	Secundario	31	Reactor anaerobio	0,3	1.098,0
Filtros anaeróbicos	Terciario	3	Reactor anaerobio	1,5	90,0
Reactores UASB	Preliminar	2	Reactor anaerobio	5,0	25,0
Reactores UASB	Primario	18	Reactor anaerobio	1,5	137,5
Reactores UASB	Secundario	27	Reactor anaerobio	1,3	640,0
Reactores UASB	Terciario	7	Reactor anaerobio	1,5	90,0
Lagunas anaeróbicas	Preliminar	8	Laguna anaerobia profunda	0,0	80,0
Lagunas anaeróbicas	Primario	30	Laguna anaerobia profunda	0,0	15.470.000
Lagunas anaeróbicas	Secundario	32	Laguna anaerobia profunda	0,0	1.098,0
Lagunas anaeróbicas	Terciario	7	Laguna anaerobia profunda	1,5	473,0
Lodos activados	Preliminar	1	Planta de tratamiento centralizado aerobio	1,0	1,0
Lodos activados	Primario	9	Planta de tratamiento centralizado aerobio	0,0	4.000,0
Lodos activados	Secundario	50	Planta de tratamiento centralizado aerobio	0,1	7.000,0
Lodos activados	Terciario	14	Planta de tratamiento centralizado aerobio	2,0	252,0
Tratamiento de lodos	Preliminar	4	Digestor anaeróbico de lodos	0,0	84,0
Tratamiento de lodos	Primario	22	Digestor anaeróbico de lodos	0,0	7.600,0
Tratamiento de lodos	Secundario	58	Digestor anaeróbico de lodos	0,8	7.000,0
Tratamiento de lodos	Terciario	10	Digestor anaeróbico de lodos	3,5	252,0

Fuente: Elaboración propia a partir de SSPD (2024), IPCC (2006).

De esta manera, se aplicaron valores diferenciados: un MCF de 0,8 para sistemas anaeróbicos (como reactores UASB y digestores de lodos), un MCF de 0,5 para pozos sépticos y un MCF de 0,1 para letrinas y vertimientos directos a cuerpos de agua, reflejando fielmente la eficiencia de degradación orgánica en las diversas regiones climáticas del país. Adicionalmente, el inventario integró un parámetro nacional de carga orgánica de 14,6 kg DBO/persona/año (equivalente a 40 g/hab/día), el cual se validó frente a los promedios regionales reportados por la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD).

Para la cuantificación de las emisiones indirectas de N_2O derivadas de la descarga de efluentes en cuerpos de agua, se utilizó la Ecuación 6.8 del IPCC, cuyo enfoque principal fue el consumo de proteína per cápita. El país ha incorporado la serie multianual de FAOSTAT (1990-2021) (Food & of the United Nations (FAO), 2021) la cual evidenció una tendencia creciente desde 20,6 kg/hab/año en 1990 hasta 28,4 kg/hab/año al cierre de la serie, capturando los cambios en los patrones dietéticos de la población nacional.

Los parámetros de nitrógeno en lodos (NLODO) y remoción de lodos (S) se asumieron como cero (0). La justificación técnica radicó en la ausencia de registros administrativos consolidados que permitieran rastrear el destino final de los lodos (incineración, disposición en rellenos o aplicación agrícola). Al mantener este valor en cero, el inventario adoptó una postura conservadora de nivel 1, asegurando que toda la materia orgánica y el nitrógeno degradable se contabilicen como potenciales emisores en el efluente, evitando así la subestimación de emisiones por falta de datos de remoción verificables.

En cuanto al factor de emisión en plantas para N_2O, de acuerdo con las Directrices del IPCC de 2006 (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006c), las emisiones directas de N_2O generadas en las plantas de tratamiento (nitrificación y desnitrificación) se consideran fuentes menores y solo se recomiendan para países con predominancia de tratamientos terciarios avanzados. Colombia, en su reporte BTR2, mantuvo el

enfoque de estimar exclusivamente las emisiones indirectas provenientes de los efluentes eliminados en medios acuáticos (Ecuación 6.7). Aunque se reconoce el factor por defecto de 3,2 g N_2O/persona/año (EF_{planta}), su aplicación no se ha extendido a la serie nacional debido a que el 72,6 % de los sistemas nacionales operaron bajo niveles de tratamiento secundario biológico, donde el potencial de nitrificación/desnitrificación fue variable y no existieron mediciones específicas de campo que permitieran ajustar este factor a la realidad nacional sin incurrir en una alta incertidumbre.

En cuanto a contaminantes criterio, se estimó el amoníaco (NH_3) siguiendo la Guía EMEP/EEA 2019(European Environment Agency, 2019f), el país estimó estas emisiones específicamente para la población que utilizó letrinas en zonas rurales y periféricas. Se aplicó un factor de emisión de 1,6 kg/persona/año (1,6E−06 kt/persona/año), el cual permitió establecer el impacto de la transición de soluciones particulares hacia sistemas de alcantarillado formal, garantizando así la exhaustividad del inventario nacional frente a contaminantes de interés ambiental.

- **5.D.2. Tratamiento y eliminación aguas residuales industriales**

La principal fuente de los factores de emisión y parámetros metodológicos para la subcategoría 5.D.2. Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales fue las Directrices del IPCC de 2006, sus Refinamientos de 2019 (Volumen 5 – Capítulo 6) (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006c, 2019b) y la Guía EMEP/EEA 2019 (5.D Wastewater Handling) (European Environment Agency, 2019f). Las emisiones de GEI, se estimaron en un nivel 1, ya que no se cuenta con datos de DQO y cantidad de efluente por tipo industrial para migrar formalmente a un nivel 2, a pesar de que esta subcategoría se identificó como una categoría significativa en el análisis nacional. No obstante, desde el BTR1 el país elevó la representatividad de este nivel básico mediante un proceso de ponderación técnica de los factores de emisión por cada uno de los 24 grupos industriales identificados, a través del uso de los microdatos del Registro Único Ambiental (RUA) manufacturero para el periodo 2015-2021 (Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam), 2021).

Para el periodo 2015 a 2021, este procedimiento consistió en vincular el caudal de descarga individual de cada establecimiento reportado en el RUA con los Factores de Corrección de Metano (MCF) de las Directrices del IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006c), asignando pesos específicos según la vía de tratamiento real detectada: 0,8 para reactores anaeróbicos y lagunas profundas, 0,1 para vertimientos directos y 0,0 para plantas aeróbicas bien gestionadas.

Se destaca el uso de parámetros específicos para el sector Café (5.D.2.c), donde se empleó un factor de vertimiento (W) de 24,75 m^3/t basado en estudios de Cenicafé, garantizando que el modelo refleje con exactitud la realidad de la principal agroindustria colombiana.

En relación con el óxido nitroso (N_2O), se realizó la diferenciación técnica entre las emisiones directas en plantas de tratamiento y las indirectas en los efluentes vertidos. Este cálculo empleó factores de remoción de nitrógeno (NREM) escalonados (0,10 para primario, 0,40 para secundario y 0,80 para terciario), los cuales fueron ponderados con base en los caudales y tecnologías identificadas en el RUA para cada código CIIU.

Respecto al parámetro de recuperación de metano (R) se adoptó el supuesto de su valor en cero (0) para la estimación de las emisiones en la serie histórica 1990–2024, debido a que actualmente no se dispone de registros que permitan documentar los volúmenes de biogás capturados o aprovechados por cada establecimiento industrial.

Es fundamental diferenciar este tratamiento del aplicado en las aguas residuales domésticas (5.D.1), donde la recuperación sí se contabilizó mediante los registros operativos de los principales STARD del país. Para el sector industrial, la identificación de plantas con sistemas de captura y aprovechamiento de metano se ha consolidado como una acción prioritaria en el Plan de Mejora.

Así mismo, bajo el principio de exhaustividad, se documenta que la remoción de lodos orgánicos (S) en el sector industrial se estableció en cero (0), bajo un criterio de conservadurismo, ante la falta de registros administrativos industriales lo suficientemente granulares para sustentar una cifra mayor sin riesgo de subestimación.

Finalmente, las emisiones de compuestos orgánicos volátiles diferentes al metano (COVDM) conservaron un nivel Tier 2, cumpliendo con la exigencia de estratificación por proceso y tecnología de la guía EMEP/EEA 2019 (European Environment Agency, 2019f). Este nivel metodológico se sustentó en la aplicación del factor de 15,0 mg/m^3 de agua tratada.

A continuación, en la Tabla 7-40 se presenta la matriz completa de factores y parámetros técnicos que rigieron la estimación para la subcategoría 5.D.2 en el ciclo BTR2.

Tabla 7-40. Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales: factores de emisión aplicados por fuente de GEI, carbono negro y contaminantes criterio

Subcategoría	CH_4						N_2O							COVDM			
	Nivel (Tier)	Aguas residuales generadas (W)	Fuente	DQO	Fuente	FE ponderado	Fuente	Nivel (Tier)	Nitrógeno en vertimiento (TN)	Fuente	FE ponderado efluentes	Fuente	FE ponderado plantas	Fuente	Nivel (Tier)	Manejo de aguas residuales	Fuente
		m^3/t		kg/m^3		$kg\ CH_4/kg$ DQO			$kg\ N/m^3$		$kg\ N_2O$-N/kg N		$kg\ N_2O$-N/kg N			mg/m^3	
5.D.2. Tratamiento y eliminación aguas residuales industriales																	
5.D.2.a. Aceites vegetales	1	3,1	IPCC, 2006 V.5 Ch. 6	0,85	IPCC, 2006 V.5 Ch. 6	1,66E-01	IPCC, 2006 V.5 Ch. 6 Ideam, 2021*	1	NA	IPCC, 2006 V.5 Ch. 6	NA	IPCC, 2006 V.5 Ch. 6 Ideam, 2021*	NA	IPCC, 2006 V.5 Ch. 6 Ideam, 2021*	2	15,0	EMEP/EEA, 2019 Part. B Ch. 5D
5.D.2.b. Alimentos para animales		13,0		3,3		1,41E-01			NA		NA		NA				
5.D.2.c. Café		24,75	Cenicafé-IPCC, 2006	9,0		2,0E-01			NA		NA		NA				
5.D.2.d. Carnes y aves		13,0	IPCC, 2006 V.5 Ch. 6	4,1		8,41E-02			1,9E-01		0,79		1,01E-02				
5.D.2.e. Fertilizantes nitrogenados		2,89		NA		NA			NO		0,62		1,6E-02				
5.D.2.f. Jabón y detergentes		3,0		0,85		7,59E-02			NA		NA		NA				
5.D.2.g. Malta y cerveza		6,3		2,9		2,0E-01			5,5E-02		0,64		0,01				
5.D.2.h. Manufactura de hierro y acero		5,0	IPCC, 2019 V.5 Ch. 6	NA		NA			2,5E-01		0,96		1,5E-02				
5.D.2.i. Medicamentos		67,0	IPCC, 2006 V.5 Ch. 6	5,1		7,45E-02			NA		NA		NA				
5.D.2.j. Otros alimentos		20,0		5,0		1,43E-01			NA		NA		NA				
5.D.2.k. Otras bebidas		1,5		0,1		1,36E-01			NA		NA		NA				
5.D.2.l. Pinturas		5,5		5,5		1,15E-01			NA		NA		NA				
5.D.2.m. Plásticos y resinas		0,6		3,7		2,73E-02			2,5E-01		1,0		1,22E-02				
5.D.2.n. Procesamiento del pescado		5,0		2,5		2,0E-01			6,0E-01		0,88		1,6E-02				
5.D.2.o. Producción de almidón		10,0		9,0		4,91E-02			9,0E-01		0,60		2,7E-03				

Subcategoría	CH_4						N_2O							COVDM			
	Nivel (Tier)	Aguas residuales generadas (W)	Fuente	DQO	Fuente	FE ponderado	Fuente	Nivel (Tier)	Nitrógeno en vertimiento (TN)	Fuente	FE ponderado efluentes	Fuente	FE ponderado plantas	Fuente	Nivel (Tier)	Manejo de aguas residuales	Fuente
		m^3/t		kg/m^3		kg CH_4/kg DQO			kg N/m^3		kg N_2O-N/kg N		kg N_2O-N/kg N			mg/m^3	
5.D.2.p. Productos lácteos		7,0		2,7		1,3E-01			NA		NA		NA				
5.D.2.q. Pulpa y papel (combinados)		162,0		9,0		1,12E-01			NA		NA		NA				
5.D.2.r. Refinación del azúcar		11,0		3,2		1,2E-01			NA		NA		NA				
5.D.2.s. Refinado de alcohol		24,0		11,0		1,62E-01			2,4		1,0		1,6E-02				
5.D.2.t. Refinerías de petróleo		0,6		1,0		2,0E-01			NA		NA		NA				
5.D.2.u. Sustancias químicas orgánicas		67,0		3,0		1,76E-01			NA		NA		NA				
5.D.2.v. Textiles (naturales)		172,0		0,9		1,0E-03			NA		NA		NA				
5.D.2.w. Verduras, frutas y zumos		20,0		5,0		9,08E-02			NA		NA		NA				
5.D.2.x. Vino y vinagre		23,0		1,5		2,0E-01			NA		NA		NA				

Notas: *Los factores de emisión ponderados fueron construidos a partir de los factores de corrección de metano (MCF) propuestos por el IPCC (2006) y la caracterización de tecnologías de tratamiento y caudales de vertimiento reportados en el Registro Único Ambiental Manufacturero (RUA) para el período 2015–2021.

Cont: Contaminante. Clasif: Clasificación del factor. El valor de Bo=0,25 y los MCF por tecnología (0,8 para anaerobios, 0,1 para vertimiento directo, 0,0 para aerobios) están implícitos en el FE ponderado.

Fuente: Elaboración a partir de EMEP/EEA (2019), IPCC (2006), FAOSTAT.

7.5.3 Descripción de flexibilidad aplicada en la categoría

No se aplicó ninguna flexibilidad.

7.5.4 Incertidumbre y coherencia de la serie temporal de la categoría

Tabla 7-41. Resultados de incertidumbre (%) por propagación del error para 5.D. Tratamiento y eliminación de aguas residuales

Subcategoría	Cont	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
5.D. Tratamiento y descarga de aguas residuales.	Todos	6,5	5,8	5,6	5,8	4,9	4,8	5,3	4,9	3,1	3,2	3,1
5.D. Tratamiento y descarga de aguas residuales.	CH4	7,0	6,4	6,1	6,3	5,3	5,2	5,6	5,3	4,0	4,2	4,0
5.D. Tratamiento y descarga de aguas residuales.	N2O	7,1	7,3	4,1	3,5	3,8	2,7	2,2	2,5	1,4	1,4	1,4
5.D.1. Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	Todos	5,3	3,2	2,9	3,2	2,7	2,8	3,1	3,1	3,1	3,2	3,1
5.D.1. Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	CH4	6,1	3,9	3,4	3,8	3,2	3,4	3,9	3,9	4,0	4,2	4,0
5.D.1. Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	N2O	2,8	2,7	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
5.D.2. Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales	Todos	10,8	9,3	9,7	9,2	7,7	6,9	7,1	6,8	6,8	6,8	6,8
5.D.2. Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales	CH4	11,1	9,7	10,0	9,4	7,8	7,1	7,2	6,9	6,9	6,9	6,9
5.D.2. Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales	N2O	27,7	26,1	20,4	17,8	18,5	14,0	12,7	13,6	13,6	13,6	13,6
5.D.2.a. Aceites vegetales	Todos	21,2	20,0	24,3	25,7	21,0	17,5	18,6	19,4	19,5	20,0	20,5
5.D.2.a. Aceites vegetales	CH4	21,2	20,0	24,3	25,7	21,0	17,5	18,6	19,4	19,5	20,0	20,5
5.D.2.b. Alimentos para animales	Todos	23,8	24,1	23,9	26,4	19,2	18,7	18,1	17,9	17,6	17,5	17,6
5.D.2.b. Alimentos para animales	CH4	23,8	24,1	23,9	26,4	19,2	18,7	18,1	17,9	17,6	17,5	17,6
5.D.2.c. Café	Todos	28,9	26,9	26,1	27,3	22,6	22,5	21,9	21,8	21,6	21,8	21,8
5.D.2.c. Café	CH4	28,9	26,9	26,1	27,3	22,6	22,5	21,9	21,8	21,6	21,8	21,8
5.D.2.d. Carnes y aves	Todos	13,9	13,0	14,8	16,1	15,7	15,7	14,7	14,5	14,9	15,3	15,6
5.D.2.d. Carnes y aves	CH4	15,3	14,4	16,4	17,7	17,2	17,3	16,1	16,0	16,4	16,8	17,2
5.D.2.d. Carnes y aves	N2O	20,1	18,9	21,5	23,3	25,0	25,1	23,4	23,1	23,7	24,3	24,9
5.D.2.e. Fertilizantes nitrogenados	Todos	31,9	29,7	31,3	33,4	28,5	27,6	29,3	29,3	25,6	26,6	27,2
5.D.2.e. Fertilizantes nitrogenados	N2O	31,9	29,7	31,3	33,4	28,5	27,6	29,3	29,3	25,6	26,6	27,2
5.D.2.f. Jabón y detergentes	Todos	17,8	18,1	18,8	16,7	12,9	12,2	12,6	13,0	12,0	12,1	12,0
5.D.2.f. Jabón y detergentes	CH4	17,8	18,1	18,8	16,7	12,9	12,2	12,6	13,0	12,0	12,1	12,0

Subcategoría	Cont	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
5.D.2.g. Malta y cerveza	Todos	29,5	30,5	30,0	32,1	26,8	26,9	25,9	26,7	26,8	26,8	27,0
5.D.2.g. Malta y cerveza	CH4	30,2	31,2	30,7	32,9	27,5	27,5	26,5	27,3	27,4	27,5	27,6
5.D.2.g. Malta y cerveza	N2O	42,9	44,4	43,6	46,7	43,1	43,2	41,6	42,9	43,0	43,1	43,3
5.D.2.h. Manufactura de hierro y acero	Todos	33,2	33,2	33,2	33,6	42,2	32,0	32,2	32,9	34,8	33,6	34,5
5.D.2.h. Manufactura de hierro y acero	N2O	33,2	33,2	33,2	33,6	42,2	32,0	32,2	32,9	34,8	33,6	34,5
5.D.2.i. Medicamentos	Todos	15,5	14,7	14,2	20,3	15,6	18,6	18,1	15,4	14,7	14,8	13,7
5.D.2.i. Medicamentos	CH4	15,5	14,7	14,2	20,3	15,6	18,6	18,1	15,4	14,7	14,8	13,7
5.D.2.j. Otros alimentos	Todos	10,6	8,8	8,6	8,8	7,2	6,5	6,9	6,8	6,7	6,6	7,0
5.D.2.j. Otros alimentos	CH4	10,6	8,8	8,6	8,8	7,2	6,5	6,9	6,8	6,7	6,6	7,0
5.D.2.k. Otras bebidas	Todos	29,6	28,4	23,8	25,0	19,9	20,7	21,9	20,4	20,1	19,8	19,5
5.D.2.k. Otras bebidas	CH4	29,6	28,4	23,8	25,0	19,9	20,7	21,9	20,4	20,1	19,8	19,5
5.D.2.l. Pinturas	Todos	13,5	13,6	17,7	11,5	10,9	12,6	13,8	15,2	12,5	12,1	11,4
5.D.2.l. Pinturas	CH4	13,5	13,6	17,7	11,5	10,9	12,6	13,8	15,2	12,5	12,1	11,4
5.D.2.m. Plásticos y resinas	Todos	10,3	11,3	9,9	10,6	10,3	10,9	11,4	11,2	11,1	11,0	10,4
5.D.2.m. Plásticos y resinas	CH4	13,1	14,2	12,5	13,4	12,4	13,2	13,8	13,6	13,4	13,3	12,5
5.D.2.m. Plásticos y resinas	N2O	16,7	18,6	16,3	17,4	17,9	18,9	19,9	19,5	19,3	19,2	18,0
5.D.2.n. Procesamiento del pescado	Todos	16,3	21,1	13,5	15,9	14,7	16,7	14,8	14,8	15,1	15,7	15,5
5.D.2.n. Procesamiento del pescado	CH4	19,9	25,7	16,4	19,4	17,5	19,9	17,6	17,6	18,0	18,7	18,5
5.D.2.n. Procesamiento del pescado	N2O	27,5	35,5	22,7	26,8	26,7	30,4	26,9	26,9	27,4	28,6	28,2
5.D.2.o. Producción de almidón	Todos	18,1	14,1	17,1	19,8	19,6	15,7	13,2	15,3	15,2	14,2	14,2
5.D.2.o. Producción de almidón	CH4	20,5	16,0	19,4	22,4	22,2	17,8	15,0	17,3	17,2	16,0	16,0
5.D.2.o. Producción de almidón	N2O	24,7	19,3	23,3	27,0	29,5	23,7	19,9	23,1	22,9	21,3	21,3
5.D.2.p. Productos lácteos	Todos	28,7	29,2	28,8	26,1	19,4	17,5	17,2	16,3	17,2	17,2	16,8
5.D.2.p. Productos lácteos	CH4	28,7	29,2	28,8	26,1	19,4	17,5	17,2	16,3	17,2	17,2	16,8
5.D.2.q. Pulpa y papel (combinados)	Todos	34,7	34,7	34,7	34,7	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
5.D.2.q. Pulpa y papel (combinados)	CH4	34,7	34,7	34,7	34,7	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
5.D.2.r. Refinación del azúcar	Todos	17,5	16,4	15,6	15,6	15,5	13,9	15,3	15,3	13,9	14,0	14,3
5.D.2.r. Refinación del azúcar	CH4	17,5	16,4	15,6	15,6	15,5	13,9	15,3	15,3	13,9	14,0	14,3
5.D.2.s. Refinado de alcohol	Todos	23,7	20,9	19,0	18,5	18,4	16,5	14,5	15,2	15,6	17,6	18,4
5.D.2.s. Refinado de alcohol	CH4	29,2	25,8	23,4	22,9	22,1	19,8	17,4	18,3	18,7	21,2	22,1
5.D.2.s. Refinado de alcohol	N2O	39,7	35,0	31,8	31,1	33,1	29,7	26,0	27,4	28,0	31,7	33,1

Subcategoría	Cont	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
5.D.2.t. Refinerías de petróleo	Todos	16,6	14,9	15,3	17,6	13,3	13,1	12,7	11,8	12,8	12,4	12,2
5.D.2.t. Refinerías de petróleo	CH4	16,6	14,9	15,3	17,6	13,3	13,1	12,7	11,8	12,8	12,4	12,2
5.D.2.u. Sustancias químicas orgánicas	Todos	11,9	10,3	9,9	9,7	12,4	14,7	15,5	16,3	18,5	18,4	17,6
5.D.2.u. Sustancias químicas orgánicas	CH4	11,9	10,3	9,9	9,7	12,4	14,7	15,5	16,3	18,5	18,4	17,6
5.D.2.v. Textiles (naturales)	Todos	0,0	34,7	34,7	34,7	21,2	21,3	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
5.D.2.v. Textiles (naturales)	CH4	0,0	34,7	34,7	34,7	21,2	21,3	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
5.D.2.w. Verduras, frutas y zumos	Todos	22,9	24,1	29,8	26,4	15,1	19,0	17,7	18,3	17,9	15,2	14,3
5.D.2.w. Verduras, frutas y zumos	CH4	22,9	24,1	29,8	26,4	15,1	19,0	17,7	18,3	17,9	15,2	14,3
5.D.2.x. Vino y vinagre	Todos	17,0	17,8	16,1	18,3	14,9	14,7	16,0	15,6	15,4	16,1	16,1
5.D.2.x. Vino y vinagre	CH4	17,0	17,8	16,1	18,3	14,9	14,7	16,0	15,6	15,4	16,1	16,1

En la Tabla 7-41 se presentan los resultados de incertidumbre para la categoría 5.D. Tratamiento y descarga de aguas residuales en los años contemplados del periodo 1990-2024. Para estos años, la incertidumbre promedio fue de ±4,84 %. En 1990, la incertidumbre fue de ±6,47 %, mientras que en 2024 alcanzó ±3,14 %, lo que representa una reducción relativa del 51,51 %, equivalente a 3,33 puntos porcentuales.

Entre 1990 y 2015 se observa una tendencia general decreciente, aunque con algunas fluctuaciones. La incertidumbre pasó de ±6,47 % en 1990 a ±4,83 % en 2015. En 2020 aumentó a ±5,26 %, pero posteriormente disminuyó hasta ±3,14 % en 2022 y se mantuvo alrededor de este valor en 2023 y 2024.

Por tipo de GEI, el CH_4 y el N_2O presentaron incertidumbres promedio de ±5,40 % y ±3,39 %, respectivamente. La incertidumbre del CH_4 disminuyó de ±6,98 % en 1990 a ±4,04 % en 2024, lo que representa una reducción del 42,14 %. Por su parte, la incertidumbre del N_2O pasó de ±7,09 % a ±1,37 %, con una reducción del 80,69 %.

Para 5.D.1. Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas, la incertidumbre promedio fue de ±3,25 %. Esta disminuyó de ±5,30 % en 1990 a ±3,14 % en 2024, equivalente a una reducción del 40,82 %. En 2024, las incertidumbres del CH_4 y el N_2O fueron de ±4,04 % y ±1,37 %, respectivamente.

Para 5.D.2. Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales se presentan resultados agregados únicamente hasta 2021. Para los años con información, la incertidumbre promedio fue de ±8,45 % y disminuyó de ±10,79 % en 1990 a ±6,80 % en 2021. Las incertidumbres promedio del CH_4 y el N_2O fueron de ±8,65 % y ±18,85 %, respectivamente. El N_2O presentó los valores más elevados, aunque su efecto sobre la incertidumbre total depende de su participación en las emisiones industriales.

En 2024, entre las actividades industriales desagregadas, las mayores incertidumbres correspondieron a manufactura de hierro y acero, con ±34,47 %; pulpa y papel y textiles naturales, ambas con ±30,02 %; fertilizantes nitrogenados, con ±27,20 %; y malta y cerveza, con ±26,96 %. Estos resultados individuales no deben compararse directamente con la incertidumbre agregada sin considerar la contribución de cada actividad a las emisiones totales.

7.5.5 AC/CC de la categoría

Para las categorías 5.D.1 y 5.D.2 (Tratamiento y eliminación de aguas residuales domesticas e industriales) se implementaron procedimientos de control de calidad orientados a verificar la consistencia de los datos de actividad utilizados para estimar las emisiones provenientes de aguas residuales domésticas e industriales. Las actividades incluyeron la revisión de coberturas poblacionales, sistemas de disposición sanitaria, información de sistemas de tratamiento de aguas residuales (STAR), variables de consumo de proteína y producción industrial, así como la validación de los parámetros empleados en los cálculos de CH_4 y N_2O y contaminantes atmosféricos.

En aguas residuales domésticas se verificó la consistencia de las distribuciones de población entre las diferentes vías de tratamiento y eliminación, la asignación de los factores de corrección de metano (MCF) y la caracterización de los sistemas de tratamiento reportados por los STAR. Asimismo, se revisó la homologación de las tecnologías de tratamiento con las categorías metodológicas del IPCC y la correcta ponderación de los factores de emisión utilizando los caudales de diseño reportados para las instalaciones.

Para aguas residuales industriales se verificó la integridad de las bases de producción industrial utilizadas para derivar la materia orgánica degradable y el nitrógeno total por subsector. Se realizaron controles específicos sobre los procedimientos de empalme aplicados a grupos industriales con vacíos de información, verificando la coherencia entre los datos reconstruidos y las tendencias observadas en la Encuesta Anual Manufacturera (EAM). Adicionalmente, se revisó la caracterización de las tecnologías de tratamiento y los caudales de vertimiento obtenidos del Registro Único Ambiental (RUA Manufacturero), utilizados para la construcción de factores de emisión ponderados representativos de las condiciones nacionales.

Finalmente, se compararon los resultados obtenidos con los reportados en ciclos anteriores del inventario y se realizaron revisiones de consistencia sobre las tendencias de emisión, identificando variaciones asociadas a cambios en los datos de actividad, mejoras metodológicas, incorporación de nuevas fuentes de información y refinamientos en la caracterización de los sistemas de tratamiento.

7.5.6 Nuevos cálculos de la categoría

En la Tabla 7-42 y Figura 7-22 se presenta la comparación entre las estimaciones del inventario previo (BTR1) y las obtenidas en el presente ciclo de reporte (BTR2) para la categoría 5.D (Tratamiento y eliminación de aguas residuales).

Tabla 7-42. Tratamiento y eliminación de aguas residuales. Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2) (kt CO_2 eq)

Subcategoría	Reporte	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021
5.D.1.Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	BTR1	2.168,1	2.450,8	2.808,2	2.734,5	3.164,0	3.311,4	3.767,7	3.811,9
5.D.1.Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	BTR2	2.438,1	2.286,6	2.810,1	2.814,4	3.028,9	3.010,2	2.967,5	3.027,6
5.D.1.Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	Diferencia	270,1	-164,2	1,9	79,8	-135,1	-301,2	-800,3	-784,2
5.D.1.Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	Diferencia (%)	0,1	-0,1	0,0	0,0	0,0	-0,1	-0,3	-0,3
5.D.1.Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	**Efecto en total de categoría 5.D (%)**	**5,7%**	**-2,7%**	**0,0%**	**1,1%**	**-1,6%**	**-3,4%**	**-7,9%**	**-7,9%**
5.D.1.Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	**Efecto en total neto de categoría 5.D (%)**	**5,7%**	**-2,7%**	**0,0%**	**1,1%**	**-1,6%**	**-3,4%**	**-7,9%**	**-7,9%**
5.D.2. Tratamiento y eliminación aguas residuales industriales	BTR1	2.592,9	3.583,2	3.481,7	4.448,9	5.122,2	5.590,7	6.312,3	6.131,3
5.D.2. Tratamiento y eliminación aguas residuales industriales	BTR2	3.078,6	3.520,3	3.572,9	4.527,0	5.110,8	6.461,5	7.870,9	7.543,3
5.D.2. Tratamiento y eliminación aguas residuales industriales	Diferencia	485,6	-63,0	91,2	78,1	-11,4	870,7	1.558,6	1.412,0
5.D.2. Tratamiento y eliminación aguas residuales industriales	Diferencia (%)	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,2
5.D.2. Tratamiento y eliminación aguas residuales industriales	**Efecto en total de categoría 5.D (%)**	**10,2%**	**-1,0%**	**1,4%**	**1,1%**	**-0,1%**	**9,8%**	**15,5%**	**14,2%**
5.D.2. Tratamiento y eliminación aguas residuales industriales	**Efecto en total neto de categoría 5.D (%)**	**10,2%**	**-1,0%**	**1,4%**	**1,1%**	**-0,1%**	**9,8%**	**15,5%**	**14,2%**
5.D. Tratamiento y eliminación de aguas residuales	BTR1	4.761,0	6.034,0	6.289,9	7.183,4	8.286,3	8.902,1	10.080,0	9.943,2
5.D. Tratamiento y eliminación de aguas residuales	BTR2	5.516,7	5.806,9	6.383,0	7.341,3	8.139,7	9.471,7	10.838,4	10.571,0
5.D. Tratamiento y eliminación de aguas residuales	Diferencia	755,7	-227,2	93,1	157,9	-146,5	569,6	758,4	627,8
5.D. Tratamiento y eliminación de aguas residuales	Diferencia (%)	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1
5.D. Tratamiento y eliminación de aguas residuales	**Efecto en total de sector (%)**	**10,8%**	**-2,4%**	**0,8%**	**1,1%**	**-0,9%**	**3,0%**	**3,5%**	**2,8%**
5.D. Tratamiento y eliminación de aguas residuales	**Efecto en total neto de sector (%)**	**10,8%**	**-2,4%**	**0,8%**	**1,1%**	**-0,9%**	**3,0%**	**3,5%**	**2,8%**
5. Residuos	BTR1	6.987,1	9.476,3	11.247,9	14.022,5	17.223,2	18.820,2	21.929,4	22.209,0
5. Residuos	BTR2	9.423,2	11.564,1	13.786,8	15.852,8	17.440,8	19.941,9	23.584,3	23.740,9
5. Residuos	**Diferencia**	**2.436,1**	**2.087,7**	**2.538,9**	**1.830,4**	**217,6**	**1.121,8**	**1.654,9**	**1.531,9**
5. Residuos	**Diferencia (%)**	**0,3**	**0,2**	**0,2**	**0,1**	**0,0**	**0,1**	**0,1**	**0,1**

Fuente: Elaboración propia.

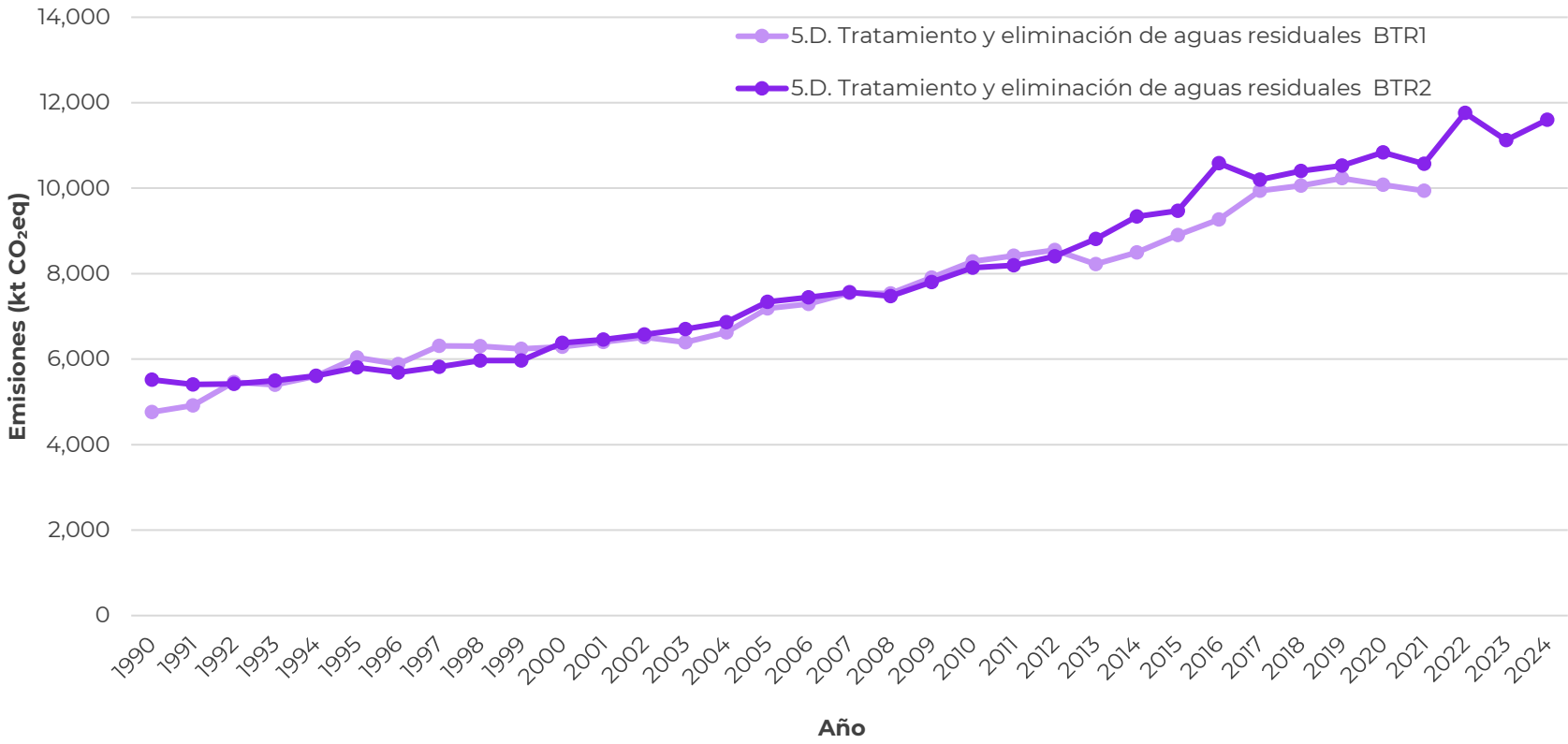


Figura 7-22. Tratamiento y eliminación de aguas residuales: Comparación entre el inventario previo (BTR1) y el inventario actual (BTR2), 1990-2024

Fuente: Elaboración propia.

Para el ciclo BTR2 se realizaron mejoras en el procesamiento de los datos de actividad utilizados para la estimación de emisiones de las categorías 5.D.1 Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas y 5.D.2 Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales, lo que generó cambios respecto a los resultados reportados en el BTR1.

En el caso de 5.D.1 Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas, los recálculos estuvieron asociados principalmente al fortalecimiento de la caracterización de las vías de tratamiento y eliminación de aguas residuales a partir de la actualización de la información de cobertura de saneamiento, la incorporación de información detallada sobre plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) reportadas en el SUI y la homologación de las tecnologías de tratamiento a las categorías metodológicas del IPCC. Adicionalmente, se refinó la estimación de los factores de corrección de metano (MCF) mediante la ponderación de tecnologías de tratamiento utilizando información de caudales de diseño y características operativas de los sistemas identificados. Como resultado, las estimaciones del BTR2 fueron inferiores a las reportadas en el BTR1 durante gran parte de la serie reciente, alcanzando diferencias máximas cercanas al 27 % en 2020 y del 25,9 % en 2021.

Para la categoría 5.D.2 Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales, los recálculos se derivaron principalmente de la actualización y fortalecimiento de los datos de actividad industriales, incluyendo la incorporación de nuevos registros de producción industrial y la reconstrucción de vacíos de información mediante procedimientos de empalme basados en la Encuesta Anual Manufacturera (EAM) Estas mejoras permitieron construir factores de emisión ponderados más representativos de las condiciones nacionales, generando incrementos en las emisiones estimadas para varios años de la serie, particularmente a partir de 2013, cuando las diferencias respecto al BTR1 superaron el 10,0 %, alcanzando valores cercanos al 20,0 % hacia el final del período reportado.

Los cambios implementados en las categorías 5.D.1 y 5.D.2 produjeron variaciones en la categoría agregada 5.D Tratamiento y eliminación de aguas residuales, con diferencias que oscilaron entre -8,5 % y +13,7 % a lo largo de la serie temporal. Aunque los recálculos generaron reducciones en las emisiones asociadas a aguas residuales domésticas, estas fueron compensadas por los incrementos observados en aguas residuales industriales, resultando en un aumento neto de las emisiones de la categoría 5.D para la mayoría de los años posteriores a 2013.

A nivel del sector Residuos, los recálculos de la categoría 5.D reflejaron entre -2,4 % y +10,8 % de variación sobre el total sectorial, dependiendo del año analizado. Los mayores incrementos relativos se observaron al inicio de la serie temporal, principalmente debido a la reconstrucción y mejora de los datos de actividad industriales, mientras que para los años más recientes las diferencias oscilaron entre 2,8 % y 6,6 % del total del sector. Estos resultados reflejaron una representación más robusta de las condiciones nacionales de tratamiento y eliminación de aguas residuales y mejoraron la consistencia metodológica de la serie histórica reportada en el BTR2.

7.5.7 Mejoras planeadas de la categoría

Las mejoras planeadas para la categoría 5.C. Tratamiento y eliminación de aguas residuales se orientan a fortalecer la calidad, representatividad, consistencia temporal y trazabilidad de en la estimación de emisiones. Estas actividades priorizadas responden a las oportunidades de mejora identificadas a partir de los procesos de control de calidad (QA/QC), análisis de incertidumbre y revisión de la disponibilidad de información sectorial, así como a las recomendaciones formuladas procesos de examen por pares u otros procesos de revisión o análisis previos. Su implementación se desarrollará en articulación con las entidades competentes, con el fin de avanzar hacia el uso de información más precisa, reduciendo la dependencia de supuestos y variables proxy, y asegurando la coherencia con las Directrices del IPCC.

Las actividades específicas priorizadas para esta categoría se presentan en la, en la Tabla 7-43 cual se detallan las actividades propuestas de mejora, los periodos de implementación, los actores responsables y la priorización correspondiente.

Tabla 7-43. Tratamiento y eliminación de aguas residuales. Plan de mejora

Subcategoría	Actividad propuesta de mejora	Periodo	Actores	Priorización
5.D.1 Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	Promover la disponibilidad, cobertura y consistencia de la información utilizada para utilizada para estimar las emisiones derivadas del tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas, incluyendo información histórica sobre cobertura de alcantarillado, recolección, tratamiento, disposición final y condiciones operativas de los sistemas de tratamiento.	1990–2024	Minvivienda, SSPD, Ideam, DANE	BTR3 - 2028
5.D.1 Tratamiento y eliminación de	Fomentar la recopilación y disponibilidad de información sobre lgeneración, manejo, tratamiento, aprovechamiento y	1990–2024	Minvivienda, SSPD, autoridades	BTR3 - 2028

Subcategoría	Actividad propuesta de mejora	Periodo	Actores	Priorización
aguas residuales domésticas	disposición final de lodos provenientes de sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas.		ambientales, Ideam	
5.D.1 Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	Promover la generación, recopilación y acceso a información sobre tecnologías de tratamiento, condiciones operativas, recuperación de biogás y parámetros específicos para Colombia, con el fin de evaluar la aplicación de metodologías de nivel superior (Tier 2) en las categorías clave de aguas residuales domésticas.	1990–2024	Ideam, Minvivienda, SSPD	BTR5 - 2032
5.D.2 Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales	En articulación con las entidades competentes, fomentar el fortalecimiento y aprovechamiento de las fuentes de información disponibles, incluyendo el Registro Único Ambiental y otras fuentes complementarias, para mejorar la disponibilidad de datos sobre caudales, cargas orgánicas, tecnologías de tratamiento, recuperación y aprovechamiento de biogás, así como la caracterización de los sectores industriales con potencial generación de emisiones de GEI, en aras de reducir la incertidumbre asociada a las estimaciones de aguas residuales industriales.	1990–2024	Minambiente, Mincomercio, Ideam, autoridades ambientales	BTR4 - 2030
5.D.2 Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales	Promover la recopilación y disponibilidad de información sobre caracterización de las principales plantas de tratamiento de aguas residuales industriales del país, ampliando la disponibilidad de información sobre vertimientos, demanda química de oxígeno (DQO), nitrógeno total, tecnologías de tratamiento, condiciones operativas y aprovechamiento de biogás.	1990–2024	Ideam, Minambiente, autoridades ambientales, sectores industriales	BTR5 - 2032
5.D.2 Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales	Fomentar la generación y disponibilidad de información sectorial que permita evaluar la pertinencia de utilizar parámetros específicos para distintos sectores industriales, con el fin de mejorar la representatividad de los factores de emisión y demás parámetros empleados en la estimación de emisiones de CH_4 y N_2O.	1990–2024	Ideam, Minambiente, sectores industriales	BTR5 - 2032

Fuente: Elaboración propia.

7.6 Otros (especificar) (CRT 5.E)

La categoría 5.E. Otros fue objeto de revisión como parte del proceso de verificación de la exhaustividad del inventario del sector Residuos. La evaluación incluyó la identificación de posibles actividades, tecnologías o prácticas de gestión de residuos que no estuvieran cubiertas por las categorías de disposición de residuos sólidos, tratamiento biológico, incineración y quema a cielo abierto, o tratamiento y eliminación de aguas residuales. Dado que no se identificaron fuentes de emisión adicionales que cumplieran estas condiciones en el territorio nacional, se concluyó que la categoría no aplica para Colombia y, por lo tanto, se reporta utilizando la clave de notación No Ocurre (NO).

8 EMISIONES INDIRECTAS DE CO_2 Y N_2O

AUTORES

Daniela Maria Bernal Escobar (Ideam - Fundación Natura – PNUD), Juan Pablo Castaño Correa (Ideam - Fundación Natura – PNUD), Sergio Andrés Garces Jimenez (Ideam - Fundación Natura – PNUD)

8.1 Descripción de las fuentes de emisiones indirectas de CO_2 y N_2O en el inventario

De conformidad con el párrafo 52 del anexo de la Decisión 18/CMA.1, las partes podrán reportar las emisiones indirectas de CO_2 resultantes de la oxidación atmosférica del CH_4, el CO y los COVDM. Asimismo, las Partes deberían reportar las emisiones indirectas de N_2O provenientes de fuentes distintas de los sectores de agricultura y LULUCF en forma de recordatorio, sin incluir dichas emisiones en los totales nacionales del inventario.

Colombia estima las emisiones indirectas de N_2O asociadas al sector de agricultura, derivadas de la deposición atmosférica del nitrógeno volatilizado y de la lixiviación y escorrentía de nitrógeno, las cuales se reportan en las categorías correspondientes de dicho sector, de conformidad con las directrices del IPCC.

Las emisiones indirectas de CO_2 derivadas de la oxidación atmosférica de CH_4, CO y COVDM, así como las emisiones indirectas de N_2O provenientes de fuentes distintas de los sectores de agricultura y LULUCF, no son estimadas.

8.2 Mejoras planificadas para las emisiones indirectas de CO_2 y N_2O

Como parte del proceso de mejora continua del inventario nacional de gases de efecto invernadero, se prevé implementar la estimación de las emisiones indirectas de N2O provenientes de fuentes pertenecientes a sectores distintos de AFOLU, de conformidad con las directrices del IPCC y las disposiciones de la decisión 18/CMA.1.

9 RECÁLCULOS Y MEJORAS

AUTORES

Daniela Maria Bernal Escobar (Ideam - Fundación Natura – PNUD), Sergio Andrés Garces Jimenez (Ideam - Fundación Natura – PNUD)

9.1 Justificación de los recálculos

Como se ha mencionado, el inventario de emisiones y absorciones atmosféricas en su ciclo más reciente se ha sometido a un proceso de estandarización y documentación de acuerdo con las MPG, las Directrices IPCC, la Guía EMEP/EEA y la NTC PE 1000 del DANE, en el marco de la búsqueda del proceso de certificación de la operación estadística del SINGEI.

Este paso ha implicado la unificación del proceso de estimaciones de todos los sectores en un único ciclo de ejecución para responder a las necesidades internas y externas, a través de la unificación de estructuras de bases de datos, bases de cálculo, definición de directorios de variables, bancos de fórmulas y unificación de procesos de control y aseguramiento de calidad en cada fase del proceso, incluyendo el establecimiento de un procedimiento de compilación del inventario de GEI, carbono negro y contaminantes criterio bajo la homologación de un único árbol de categorías (Anexo 1.1. Árbol de categorías del SINGEI).

Los recálculos para el presente inventario se deben principalmente a:

- Unificación y/o actualización de fuentes de información para los datos de actividad cuando en ciclos previos existían dos o más proveedores de datos para una misma subcategoría a lo largo de la serie temporal.
- Reconstrucción de series históricas para garantizar la completitud de la serie temporal con el uso de técnicas de empalme, cuando no se contaba con información.
- Reasignación de emisiones en algunas subcategorías de acuerdo con las recomendaciones del examen de expertos técnicos del BTR1, como 1.A.2g.vii. Vehículos todoterreno y otra maquinaria y 3.F. Quema de residuos agrícolas en campo.
- Optimización metodológica de algunos procesos de estimación con el uso de R (1.A.3.a. Aviación, 1.A.3.b. Terrestre, 5.A. Eliminación de residuos sólidos)
- Incorporación de nuevas subcategorías en el inventario (3.F.1.c. Maíz, 3.F.1.d.i. Arroz, 4.C.2.b.i. Tierras de cultivo convertidas a herbazales, 4.D.2.c.ii.1. Tierras de cultivo a humedales de tierras bajas y medias, 4.D.2.c.ii.2. Tierras de cultivo a humedales costeros).
- Incremento del nivel metodológico de estimación para 2.B.2 Ácido nítrico, al obtener información por planta de producción.
- Revisión y ajuste de factores de emisión.
- Completitud de la serie de tiempo para carbono negro y contaminantes criterio.

9.2 Implicancias para los niveles de las emisiones y absorciones atmosféricas

A lo largo de la serie temporal y considerando la influencia de LULUCF en las emisiones netas, la variación en la estimación oscila entre -1,7 % y 1,5 %, siendo mayores en los primeros años de la serie, como se evidencia en la siguiente figura:

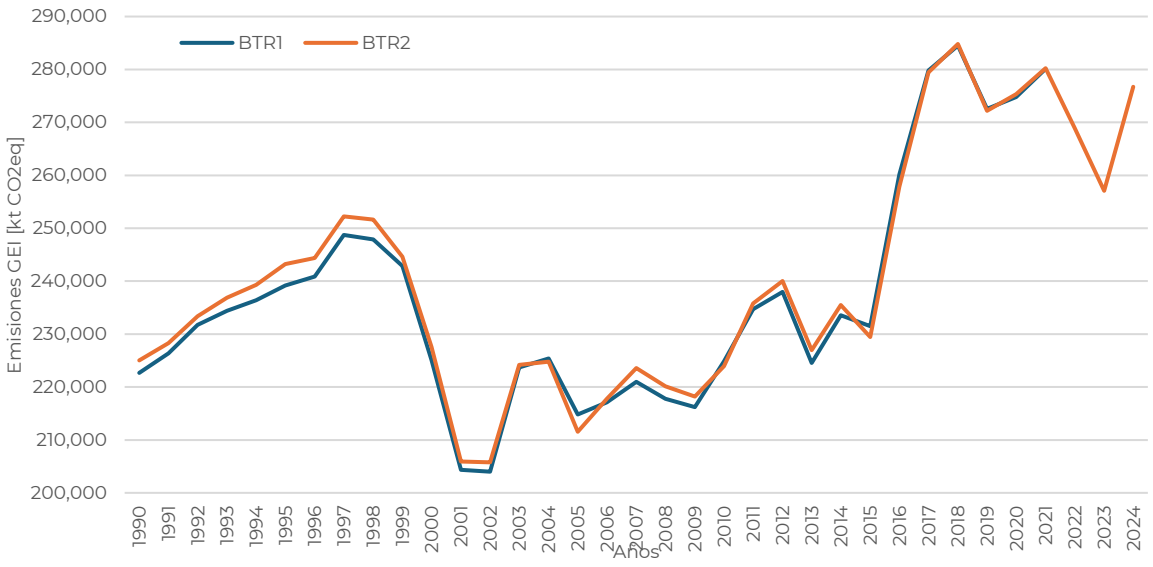
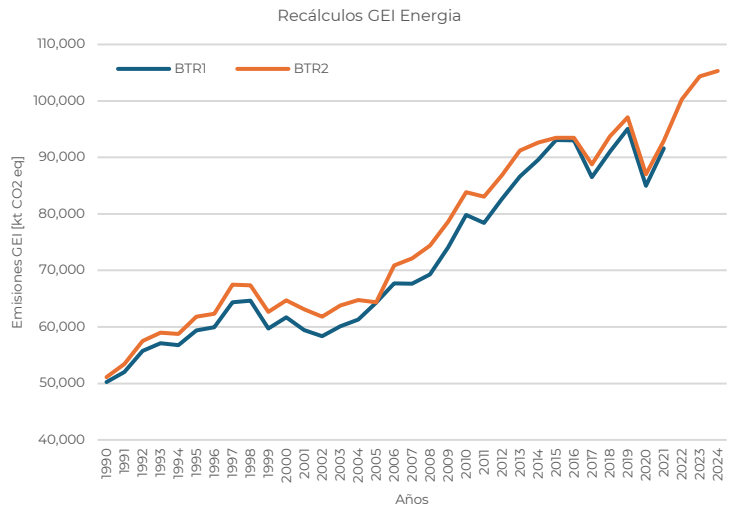


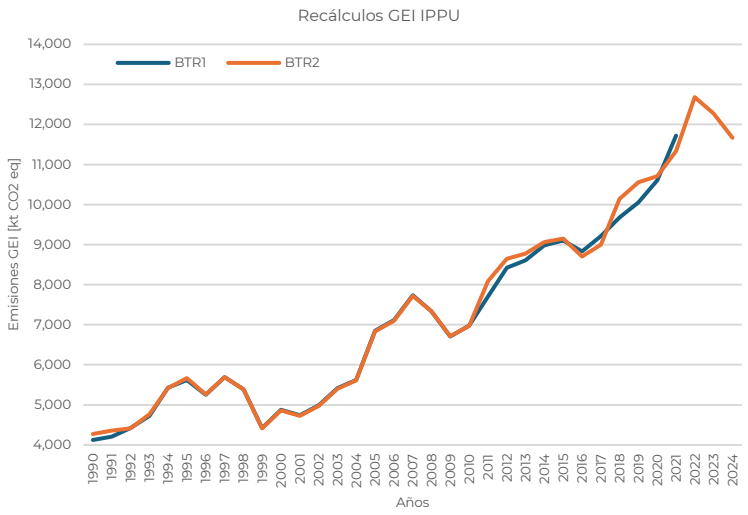
Figura 9-1. Recálculos de las emisiones netas de GEI BTR2 vs BTR1.

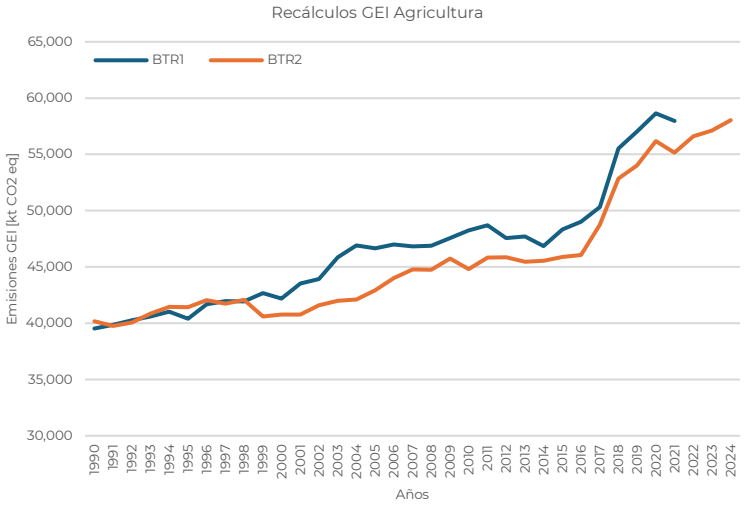
Fuente: Elaboración propia.

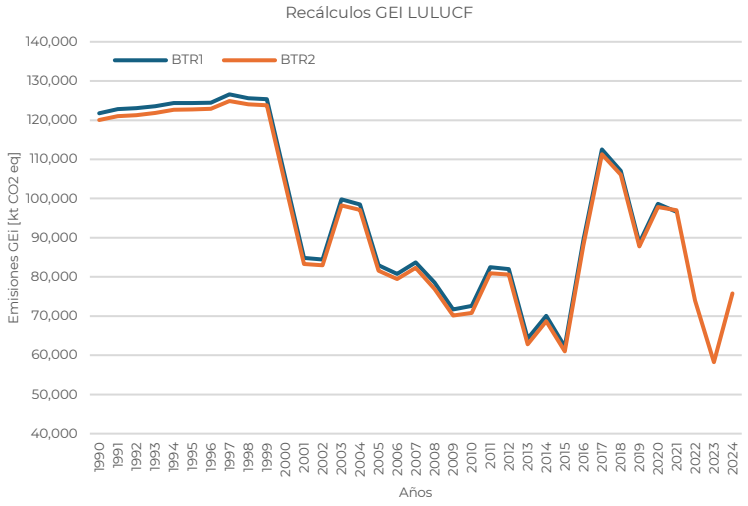
Los sectores con mayores variaciones porcentuales en las emisiones netas de GEI son residuos y agricultura con variaciones que oscilan entre -34,9 % a -1,3 % y -2,5 % a 10,2 %, respectivamente. El sector energía presenta variaciones anuales entre -7,3 % y -0,1 %, IPPU entre -5,0 % y 3,2 % y LULUCF entre -0,4 % y 2,4 %.

El siguiente conjunto de gráficas presenta la variación por sector IPCC a lo largo de la serie de tiempo entre las emisiones netas del BTR1 y el BTR2:


Recálculos GEI Energia
BTR1
BTR2
Emisiones GEI [kt CO2 eq]
Años


Recálculos GEI IPPU
BTR1
BTR2
Emisiones GEI [kt CO2 eq]
Años


Recálculos GEI Agricultura
BTR1
BTR2
Emisiones GEI [kt CO2 eq]
Años


Recálculos GEI LULUCF
BTR1
BTR2
Emisiones GEi [kt CO2 eq]
Años

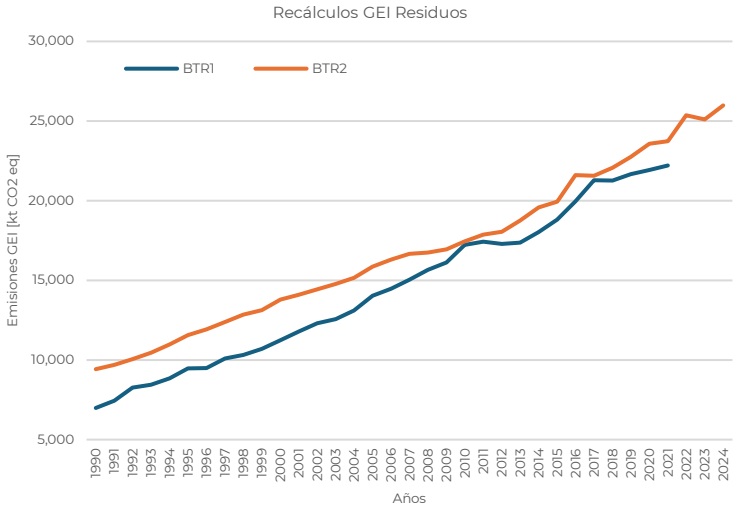


Figura 9-2. Recálculos de emisiones netas por sector IPCC, BTR2 vs BTR1.

Fuente: Elaboración propia.

La siguiente tabla resume los principales nuevos cálculos ejecutados por sector y subcategoría:

Tabla 9-1. Principales recálculos en el inventario nacional de GEI.

Sector	Subcategoría	Periodo	% Diferencia	Justificación o descripción del recálculo
1. Energía	1.A.1. Industrias de la energía	1990-2021	-18,5 % - 1,4 %	Actualización de las fuentes de datos de actividad y reconstrucción de series históricas mediante técnicas de empalme para garantizar la coherencia temporal del inventario. Se incorporó información más reciente del BECO, MRVme, Ecopetrol, SIMCO y UPME.
1. Energía	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1990-2021	4,9 % - 40,3 %	Actualización de los datos de actividad del BECO, reconstrucción de series históricas mediante técnicas de empalme y mejora en la cobertura del inventario con la incorporación de la categoría 1.A.2.g.vii. Vehículos todoterreno y otra maquinaria.
1. Energía	1.A.3. Transporte	1990-2021	-21,0 % - (-1,0 %)	Actualización de las fuentes de información y refinamiento del procesamiento de los datos de actividad. Se reconstruyeron series históricas mediante técnicas de empalme y se mejoró la asignación del consumo de combustibles entre categorías de transporte.
1. Energía	1.A.4. Otros sectores	1990-2021	-4,1 % - 22,1 %	Actualización y armonización de las series de consumo de combustibles del BECO, reconstrucción de series mediante técnicas de empalme e incorporación de información más completa para biogás y maquinaria agrícola fuera de carretera.
1. Energía	1.B.1. Combustibles sólidos	2012-2021	1,0 % - 35,9 %	Actualización de los datos de actividad asociados a la producción de carbón reportada por las entidades competentes. Como resultado, las diferencias frente al BTR1 se concentran principalmente en los años más recientes de la serie temporal.
1. Energía	1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	1990-2021	44,2 % - 115,4 %	Implementación del Refinamiento 2019 del IPCC, actualización de los datos de actividad y adopción de factores de emisión país-específicos para fugas y quema en antorcha, junto con la armonización metodológica con la estructura de reporte CRT.
2. IPPU	2.A.1. Producción de cemento	2013 - 2021	-2,5 % - 0,2 %	Actualización de los datos de importación de clínker reportados por PROCEMCO, lo que permitió recalcular la producción nacional de clínker y las emisiones asociadas.
2. IPPU	2.A.2. Producción de cal	1990-1991	31,1 % - 40,5 %	Reconstrucción de la serie histórica para 1990 y 1991 mediante técnicas de empalme, debido a que la EAM, fuente oficial de información, inicia en 1992
2. IPPU	2.A.3. Producción de vidrio	1990-1991, 2010	100,0 % - 97,0 %	Actualización de la serie histórica mediante la incorporación de los años 1990 y 1991 y el ajuste de la estimación correspondiente al año 2010.
2. IPPU	2.B.1. Producción de amoníaco	2011-2017	-38,8 % - 21,1 %	Se actualizó la información de actividad suministrada por la fuente oficial, lo que generó ajustes puntuales en las emisiones estimadas para algunos años de la serie histórica.
2. IPPU	2.B.2. Producción de ácido nítrico	1990-2021	-17,6 % - (-2,8 %)	Se implementó una mejora metodológica mediante el cambio de un enfoque Tier 1 a Tier 3, utilizando información específica por planta y factores de emisión representativos de las condiciones de operación y de las tecnologías de abatimiento de N_2O.
2. IPPU	2.B.8. Producción petroquímica y de negro de humo	2010-2021	-3,6 % - 1,7 %	Se actualizaron los datos de actividad correspondientes a la producción de etileno para el periodo 2010-2021, lo que generó ajustes en las emisiones estimadas para esta subcategoría.
2. IPPU	2.C.5. Producción de plomo	1990-1995	100 %	Se revisó la serie de datos de actividad y se verificó que la producción nacional de plomo secundario inició en 1996, conforme a la información reportada por el proveedor de datos. En consecuencia, para el periodo

Sector	Subcategoría	Periodo	% Diferencia	Justificación o descripción del recálculo
				1990-1995 se eliminó la estimación de emisiones y la categoría se reporta como NO
2. IPPU	2.D.1. Uso de lubricantes	1990-2021	>1.000 %	Se actualizó la información de actividad suministrada por la fuente oficial, corrigiendo la interpretación de la unidad de reporte utilizada en el BTR1. Como resultado, se recalculó toda la serie histórica de emisiones.
2. IPPU	2.D.2. Uso de cera de parafina	1990	100 %	Se amplió la serie histórica mediante la incorporación de las estimaciones para los años 1990 y 1991, utilizando técnicas de empalme para garantizar la consistencia temporal del inventario.
2. IPPU	2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	2005-2021	-10,3 % - 30,0 %	Se ajustó la metodología de cálculo mediante la adaptación de las hojas de cálculo del IPCC para cubrir toda la serie temporal requerida (1990-2024), garantizando la consistencia de las estimaciones a lo largo del periodo.
2. IPPU	2.F.2. Agentes espumantes	2017-2021	-27,6 % - 686,8 %	Se realizaron ajustes en la asignación de las sustancias utilizadas en esta categoría, lo que generó la actualización de las emisiones estimadas para el periodo correspondiente.
2. IPPU	2.F.3. Protección contra incendios	2014-2021	17,0 % - 387,9 %	Se ajustó la metodología de cálculo mediante la adaptación de las hojas de cálculo del IPCC para cubrir toda la serie temporal requerida (1990-2024), mejorando la consistencia de las estimaciones.
2. IPPU	2.F.4. Aerosoles	2014 2021	0,10 %	Se realizó una actualización menor de los datos de actividad suministrados por la fuente de información, generando ajustes puntuales en las emisiones estimadas.
3. Agricultura	3.A.1. Bovinos	1990-1998	-5,06 % - 13,68 %	Ajuste de la serie temporal a través de técnica de empalme de superposición parcial
3. Agricultura	3.A.4. Otro ganado	2005-2011; 2012-2015	-18,58 % - 61,61 %	Ajustes de la serie temporal a través de las técnicas de empalme que afectaron las tendencias de las subcategorías 3.A.4.e. Caballos y 3.A.4.f. Mulas y asnos
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	1990-2024	0,57 % - 8,51 %	Los determinantes de las diferencias y fluctuaciones observadas en esta categoría son esencialmente los mismos que los descritos para la categoría 3.A., debido a que ambas estimaciones utilizan los mismos datos de actividad y mantienen constantes los factores de emisión
3. Agricultura	3.D.1 Emisiones directas de N2O de suelos gestionados	1990-2024	-26,6 % - (-15,2 %)	Las disminuciones de las emisiones son el resultado del efecto acumulado de la reconstrucción de las series temporales de los datos de actividad relacionados con las poblaciones animales incluidas en las categorías 3.A y 3.B., cuyo impacto fue más significativo al inicio de la serie temporal. Asimismo, contribuyeron a esta reducción las reconstrucciones de las series temporales de los datos de actividad asociados con las áreas cultivadas, las cuales determinan el consumo de fertilizantes sintéticos nitrogenados y la generación de excedentes de residuos de cosecha.
3. Agricultura	3.D.2. Emisiones indirectas de N2O de suelos gestionados		-64,8 % - (-58,0 %)	La justificación es la misma que para la subcategoría 3.D.1.; sin embargo, debido a los supuestos metodológicos aplicados, el impacto es mayor.
3. Agricultura	3.F. Quema de residuos agrícolas en el campo	1990-2024	-58,8 % - (-26,1 %)	Esta diferencia podría atribuirse a los cambios introducidos en la metodología de estimación. En el BTR1, las emisiones derivadas de la quema de residuos agrícolas se estimaban utilizando información agregada que se reportaba junto con las emisiones provenientes de la quema de pastizales dentro de la categoría 4(IV) Quemas de biomasa. En contraste, el BTR2 implementó una desagregación de los datos de actividad y una revisión de los supuestos

Sector	Subcategoría	Periodo	% Diferencia	Justificación o descripción del recálculo
				metodológicos para estimar las áreas quemadas en los diferentes sistemas productivos agrícolas. Como resultado, las estimaciones consideran exclusivamente las quemas asociadas a las áreas cultivadas, mientras que las emisiones provenientes de la quema de pastizales continúan reportándose de manera independiente en las categorías correspondientes al sector LULUCF, evitando así una posible sobreestimación de las emisiones atribuidas a la agricultura.
3. Agricultura	3.G.2. Dolomita $CaMg(CO3)2$	2010-2020	-69,2 % - 22,8 %	Ajuste de la serie temporal de los datos de actividad mediante la técnica de empalme y la actualización de las proyecciones basadas en los supuestos derivados de la Encuesta Nacional a Expertos.
3. Agricultura	3.H. Aplicación de urea	2008-2021	-5,0 % - 98,6 %	Ajuste de la serie temporal mediante un indicador indirecto (proxy), garantizando su coherencia y alineación con el reporte del consumo nacional de urea publicado por la Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes (IFA, por sus siglas en inglés).
4. Silvicultura, uso y cambio de uso de la tierra	4.A.1.d. Plantaciones forestales	2023-2024	4 %	Incorporación de información dentro de los años 2023 a 2024 sobre las plantaciones forestales comerciales
4. Silvicultura, uso y cambio de uso de la tierra	"4(IV). A.1.b. Incendios forestales "	2022-2024	3 %	Incorporación de información correspondientes a los años 2022 a 2024 y la actualización de los datos de actividad relacionada con la superficie afectada por incendios forestales.
4. Silvicultura, uso y cambio de uso de la tierra	4(IV). C.1.b. Incendios forestales	2022-2024	2,85 %	Incorporación de información correspondientes a los años 2022 a 2024 y la actualización de los datos de actividad relacionada con la superficie afectada por incendios forestales.
5. Residuos	5.A.1 Sitios gestionado de residuos sólidos	1990-2021	-5,1 % - 125,1 %	Se fortaleció la reconstrucción de la serie histórica mediante la incorporación de una retroproyección basada en variables proxy recomendadas por el IPCC (población municipal, PIB per cápita y elasticidad ingreso-residuos). Adicionalmente, se mejoró la asignación municipal de los residuos a los sitios de disposición gestionados utilizando información de la SSPD, garantizando la consistencia temporal de la serie.
5. Residuos	5.A.3. Sitios no categorizados de eliminación de residuos	1990-2021	-79,3 % - (-23,1 %)	Se actualizó la asignación de los sitios de disposición no gestionados a partir de información observada de la SSPD y se fortaleció la reconstrucción de la serie histórica mediante técnicas de retroproyección y controles de calidad, mejorando la trazabilidad, la consistencia temporal y la representación de los residuos dispuestos en esta categoría.
5. Residuos	5.C.1. Incineración de residuos	1990-2021	3,8 % - 100,0 %	Se realizó un recálculo completo de la serie histórica mediante la retroproyección de datos de actividad a nivel municipal y por corriente de residuos, mejorando la desagregación entre fracciones biogénicas y no biogénicas y la homologación entre las corrientes RESPEL y las categorías IPCC.
5. Residuos	5.C.2. Incineración abierta de residuos	1990-2021	43,4 % - 66,8 %	Se implementaron mejoras metodológicas mediante la actualización de factores de emisión, la reestimación de los datos de actividad y la reconstrucción de la serie histórica, mejorando la consistencia temporal y la representatividad de las emisiones estimadas.
5. Residuos	5.D.1.Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	1990-2021	-27,0 % - 11,1 %	Se fortalecieron los procesos de trazabilidad, depuración y control de calidad de los datos de actividad, mejorando la consistencia temporal y la representación de la evolución histórica de las aguas residuales domésticas e industriales.

Sector	Subcategoría	Periodo	% Diferencia	Justificación o descripción del recálculo
5. Residuos	5.D.2. Tratamiento y eliminación aguas residuales industriales	1990-2021	-4,6 % - 21,2 %	Se mejoró la categorización de la información proveniente de la Encuesta Anual Manufacturera (EAM), refinando la asignación de los datos de actividad y la consistencia de las estimaciones de emisiones.

Fuente: Elaboración propia.

Como se ha mencionado, el presente ciclo de reporte, el equipo del Ideam ha avanzado en un proceso de estandarización integral de la construcción y compilación del inventario, tanto para gases de efecto invernadero como para carbono negro y otros contaminantes climáticos de vida corta. Este proceso ha incluido la revisión y consolidación del árbol de categorías IPCC, la homologación de fuentes de información, la organización de los datos de actividad y factores de emisión, la estandarización de bases de datos y cálculos, así como el fortalecimiento de la trazabilidad de los cálculos y de los procedimientos de control de calidad.

En ese sentido, las estimaciones más recientes responden a un ejercicio de compilación más estructurado y trazable, orientado a asegurar consistencia metodológica entre sectores, categorías, contaminantes y años de la serie temporal. Como parte de este proceso, se han identificado diferencias frente a ejercicios anteriores de reporte que pueden obedecer no únicamente a cambios en los datos o métodos de estimación, sino también a ajustes en la forma en que la información fue compilada, clasificada o integrada en versiones previas del inventario.

Considerando lo anterior, la siguiente figura presenta las diferencias entre las estimaciones de las emisiones de CN en BTR2 vs BTR1:

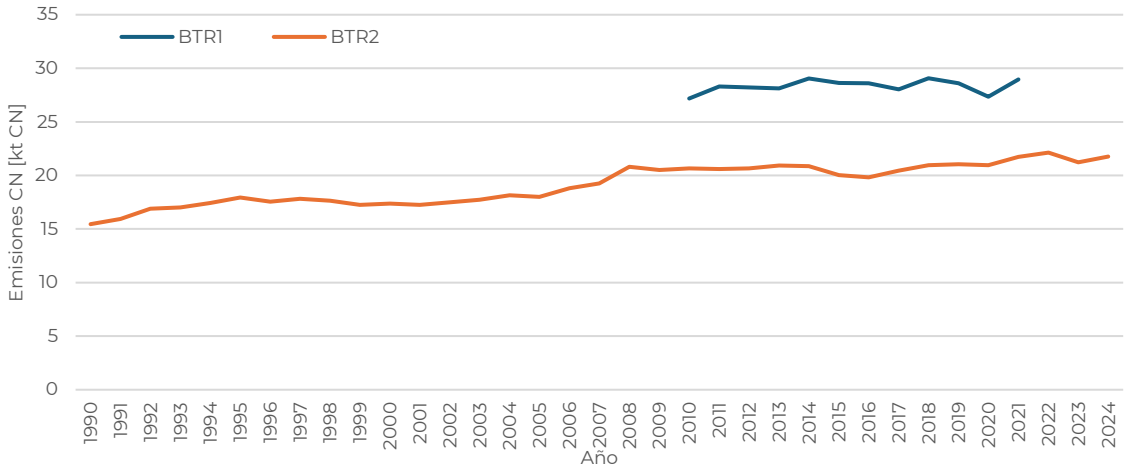


Figura 9-3. Recálculos en las estimaciones nacionales de CN BTR2 vs BTR1

Fuente: Elaboración propia.

Lo primero que se resalta de la figura anterior es que el Ideam ha realizado esfuerzos para completar la serie temporal de las estimaciones del inventario de carbono negro como apoyo al seguimiento de la meta NDC, empleando en la mayoría de los casos los datos de actividad del inventario de GEI e incorporando las estimaciones específicas de CN al árbol homologado de categorías.

Las emisiones de CN para el periodo comparable entre BTR2 y BTR1 representan una reducción entre 23,4 % y 30,7 %.

Para este inventario se realizaron algunas modificaciones en los datos de actividad y factores de emisión, sin embargo, la principal causa de las diferencias radica en la robustez del ejercicio de revisión, estandarización, consolidación y compilación de las bases de datos de GEI, carbono negro y contaminantes criterio bajo un único ciclo de construcción y reporte.

La siguiente figura presenta las diferencias en las estimaciones sectoriales de CN:

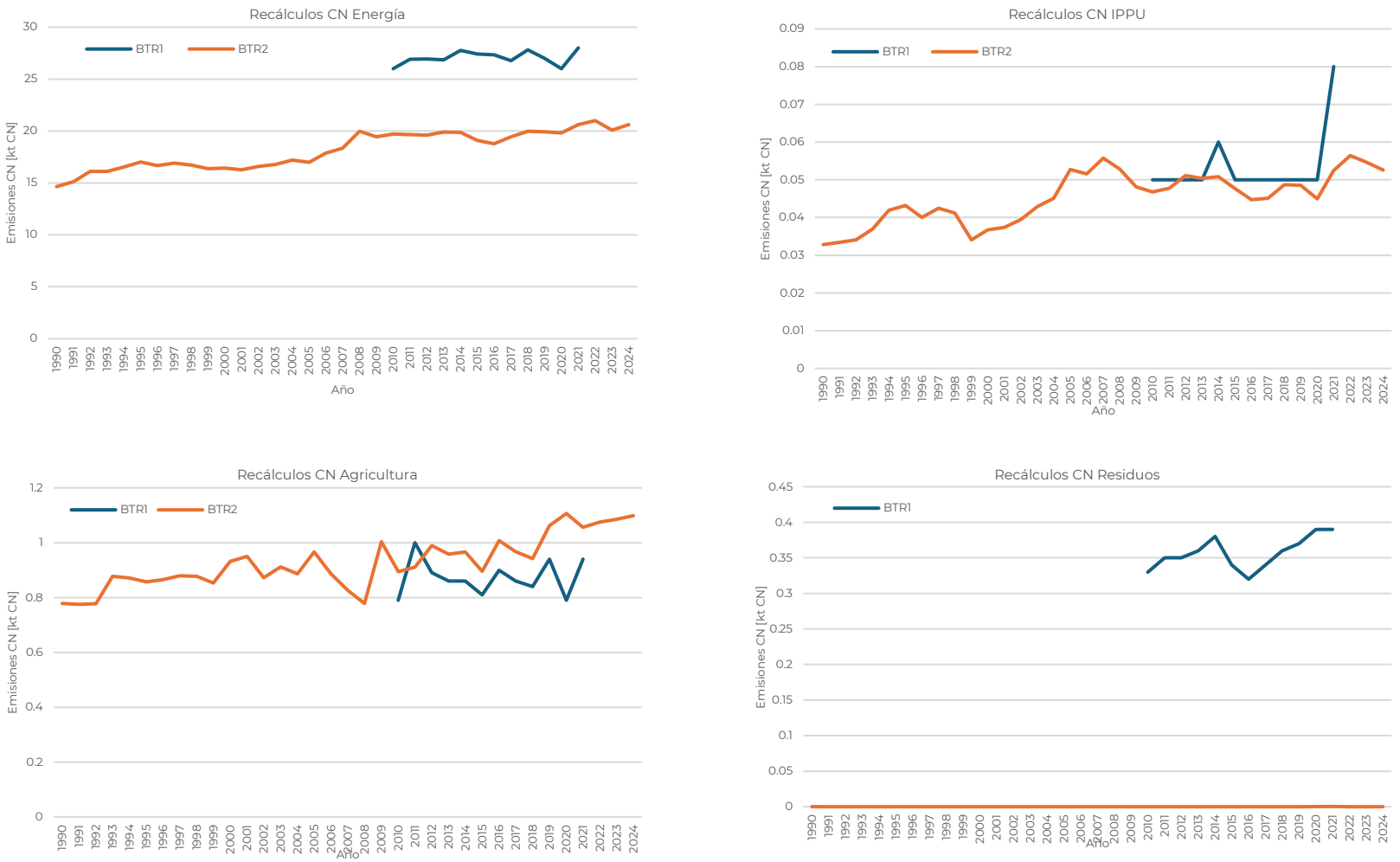


Figura 9-4. Recálculos de emisiones de CN por sector IPCC (1990-2024).

Fuente: Elaboración propia.

Las principales modificaciones incorporadas en la estimación de emisiones de carbono negro del sector Energía corresponden a la actualización y armonización de las fuentes de información utilizadas para los datos de actividad, el refinamiento de los procedimientos de procesamiento de la información y la reconstrucción de series históricas mediante técnicas de empalme para garantizar la coherencia temporal del inventario. También se incorporó información más detallada para algunas actividades, como el aprovechamiento energético de biogás, la maquinaria fuera de ruta y la minería de carbón, y se realizaron ajustes de clasificación para mejorar la consistencia entre categorías del inventario.

A nivel de subcategoría se puede mencionar que:

- **1.A.1 Industrias de la energía:** Las variaciones observadas en esta categoría responden principalmente a los ejercicios de revisión, validación y actualización de los factores de emisión utilizados para la estimación de contaminantes criterio y carbono negro. En este ciclo de inventario se realizó una verificación técnica de los factores aplicados, tomando como referencia los valores reportados en las guías EMEP/EEA, con el propósito de fortalecer la consistencia metodológica y la trazabilidad de las estimaciones. Así mismo, se realizó el recálculo de la serie temporal completa, obteniéndose datos de actividad desagregados a escala municipal, se aplicaron técnicas de empalme que permitieron obtener una serie temporal más consistente y con un mejor detalle espacial.

  Como resultado de este proceso, se destaca que los niveles de emisión estimados para las categorías incluidas se encuentran actualmente más alineados con los valores reportados en ejercicios previos desarrollados por los respectivos cabezas de sector, incluyendo la información presentada en el Segundo Reporte del Sistema MRV de Emisiones del sector minero-energético, particularmente en lo relacionado con los resultados reportados en la página 95 de dicho documento. En consecuencia, las diferencias identificadas no obedecen a cambios en la estructura metodológica general del inventario, sino a mejoras en la selección, validación y aplicación de los factores de emisión empleados. (https://www.minenergia.gov.co/documents/11533/Segundo_reporte_del_sistema_MRVme_2021.pdf)

- **1.A.2. Industrias manufactureras y construcción:** La variación observada en esta categoría se explica principalmente por una mejora en la cobertura del inventario. En el BTR2, la subcategoría 1.A.2.g.vii. Vehículos todoterreno y otra maquinaria fue incorporada dentro de la categoría 1.A.2 para toda la serie temporal, mientras que en el BTR1 sus emisiones se estimaban en la categoría 1.A.3. Transporte. Este ajuste en la clasificación incrementó significativamente las emisiones estimadas de carbono negro en la subcategoría 1.A.2.g. Otros y, en consecuencia, en el total de la categoría 1.A.2. Cabe resaltar que esta reasignación se realiza como resultado del proceso de revisión del examen técnico de expertos del BTR1 por parte de la CMNUCC.
- **1.A.3. Transporte:** La variación observada en esta categoría obedece a la actualización y el refinamiento de los datos de actividad utilizados para la estimación de las emisiones, así como a mejoras en su procesamiento. Estos ajustes se reflejan principalmente en las subcategorías 1.A.3.b. Transporte terrestre, donde se refinó la categorización del parque automotor, la asignación del consumo de combustibles por tipo de vehículo y la aplicación de las mezclas de biocombustibles (anuales); 1.A.3.a. Aviación doméstica, 1.A.3.c. Ferrocarriles, 1.A.3.d. Navegación doméstica y 1.A.3.e. Otro transporte, en las cuales se actualizaron las fuentes de información y se reconstruyeron series históricas de datos de actividad. Estos cambios no implicaron modificaciones en las ecuaciones de cálculo de las emisiones.
- **1.A.4. Otros sectores:** La variación observada en esta categoría se explica principalmente por la actualización y armonización de los datos de actividad de la subcategoría 1.A.4.b.i. Residencial – Estacionaria, la cual representa la mayor contribución a las emisiones de carbono negro dentro de la categoría. En particular, se ajustaron los datos de consumo provenientes del Balance Energético Colombiano (BECO) para los combustibles carbón vegetal y gasolina, con el fin de garantizar la coherencia de la serie temporal.
- **1.B.1. Emisiones Fugitivas en combustibles sólidos:** Para esta categoría se identificó que el valor reportado en el informe del BTR1 no se encontraba plenamente alineado con el valor estimado en la hoja de cálculo de soporte técnico del inventario utilizada por el equipo técnico. En atención a esta situación, durante el presente ciclo de estimación se fortalecieron los procedimientos de compilación, revisión y aseguramiento/control de calidad de la información, con el fin de mejorar la consistencia entre los archivos de cálculo, las bases de datos consolidadas y los valores finalmente reportados.

  Asimismo, se destaca que los procesos de QA/QC implementados en este ciclo han sido ampliados y robustecidos, incorporando no solo verificaciones asociadas a gases de efecto invernadero, sino también controles aplicables a contaminantes criterio y carbono negro. En este sentido, la variación observada frente al reporte anterior responde a la corrección de una inconsistencia identificada en el proceso de reporte y a la aplicación de procedimientos más rigurosos de revisión técnica y trazabilidad de resultados.

En el sector IPPU, la principal modificación incorporada en la estimación de emisiones de carbono negro correspondió a la actualización de los datos de importación de clínker utilizados para la construcción del dato de actividad de la categoría 2.A.1. Producción de cemento, lo que generó ajustes en las emisiones estimadas para esta categoría. En las demás categorías del sector no se identificaron cambios en los datos de actividad,

los factores de emisión ni en la metodología de estimación respecto al ejercicio anterior. Adicionalmente, para el presente ciclo del inventario se completó la serie temporal para el periodo 1990–2009, el cual no había sido estimado en ejercicios anteriores; sin embargo, esta actualización no afecta las estimaciones correspondientes al año base 2014 ni a los años posteriores.

En el sector Residuos, la estimación de emisiones de carbono negro se delimita a la subcategoría 5.C.1. Incineración de residuos (incineración controlada). En este sentido, los cambios metodológicos aplicados en el presente ciclo del inventario están dados por varias mejoras incorporadas, las cuales se relacionan a continuación.

- Se realizó el recalculo integral de toda la serie histórica (1990-2024)
- Se implementó la estimación de residuos biogénicos, esto fue posible a partir del recalculo de la serie temporal a nivel de subcorriente, permitiendo integrar de manera consistente y armonizada con IPCC y la Guía EMEP/EEA (2019), la desagregación biogénica (residuos hospitalarios biogénicos, residuos anatomo-patológicos y residuos de animales) y no biogénica (residuos hospitalarios no biogénicos, residuos peligros y residuos líquidos fósiles).
- Se realizó una revaloración de la homologación de subcategorías de IPCC con respecto a las subcorrientes RESPEL, garantizando la correcta separación entre fracciones biogénicas y no biogénicas y la asignación consistente de los residuos según su naturaleza y tratamiento.
- Consecuentemente, se implementó una metodología de retroproyección (1990-2017) sistemática a nivel de subcorriente de Residuos Peligrosos (RESPEL) y con una desagregación municipal, esto se realizó a partir de la estimación de intensidades per cápita de generación de RESPEL a nivel de municipio.

En síntesis, los ajustes incorporados reflejan un mayor detalle estructural del sistema de tratamiento térmico de residuos peligrosos, una mejor representación del tipo de residuos, una mejor desagregación espacial (a nivel de municipio) y el uso de un enfoque consistente y trazable alineado con las directrices IPCC y la Guía EMEP/EEA (2019) que se ve reflejado en una serie temporal más consistente, que obedece a mejoras metodológicas, más no a cambios reales en las emisiones.

Así mismo para la subcategoría 5.C.2. Incineración abierta de residuos se identificó la necesidad de actualizar el factor de emisión para esta subcategoría dado el orden de magnitud reportado en la Guia EMEP/EEA 2019. Finalmente, se decide utilizar el factor de emisión de la guía EMEP/EEA 2023, para garantizar la consistencia de las estimaciones.

En los sectores de Agricultura y Silvicultura, uso y cambio de uso de la tierra (LULUCF)), en el Primer Reporte Bienal de Transparencia (BTR1) se estimaron las emisiones de carbono negro (CN) procedentes de la quema de residuos agrícolas en campo (categoría 3.F), abarcando el periodo 2010-2021 para las coberturas “cultivos”, “caña de azúcar” y “rastrojos”.

Para el BTR2, el alcance metodológico e histórico se amplificó mediante las siguientes actualizaciones:

Ampliación temporal y sectorial: El periodo de estimación se extendió desde 1990 hasta 2024. Asimismo, se incluyó formalmente el maíz y el arroz como nuevas fuentes de datos de actividad, sumándose a las categorías preexistentes (cultivos, rastrojos y caña de azúcar).

Consistencia de series temporales: Los datos de actividad para caña de azúcar, maíz y arroz se harmonizaron mediante técnicas de empalme. Para la reconstrucción histórica se utilizaron, como variable complementaria, las estadísticas oficiales reportadas por el país y publicadas en la plataforma FAOSTAT.

Inclusión del sector LULUCF: Se incorporaron estimaciones informativas por primera vez las emisiones de CN específicamente bajo la categoría de quema de biomasa (4.IV), desagregada en las siguientes subcategorías:

- 4(IV).A.1.b. Incendios forestales (Tierras forestales)
- 4(IV).C.1.b. Incendios forestales (Pastizales)

Cabe resaltar que se realizó la unificación y homologación de quema de residuos de cultivos a 3.F, como resultado del proceso de revisión del examen técnico de expertos del BTR1 por parte de la CMNUCC.

9.3 Implicancias para la tendencia de las emisiones y absorciones atmosféricas, incluyendo consistencia

La siguiente tabla resume las diferencias y variaciones de las emisiones netas considerando o no el impacto de LULUCF del BTR2 respecto al BTR1:

Tabla 9-2. Variaciones en la tendencia de las emisiones de GEI considerando o no LULUCF, BTR2 vs BTR1.

Año	Emisiones netas con LULUCF				Emisiones netas sin LULUCF			
	BTR 1 (kt CO_2 eq)	BTR 2 (kt CO_2 eq)	Diferencia (kt CO_2 eq)	% Variación	BTR 1 (kt CO_2 eq)	BTR 2 (kt CO_2 eq)	Diferencia (kt CO_2 eq)	% Variación
1990	222.664,8	225.030,4	-2.365,6	-1,1 %	100.875,9	104.976,3	-4.100,5	-4,1 %
1991	226.351,6	228.283,3	-1.931,7	-0,9 %	103.530,6	107.244,0	-3.713,4	-3,6 %
1992	231.753,2	233.343,1	-1.590,0	-0,7 %	108.691,0	112.054,5	-3.363,5	-3,1 %
1993	234.376,1	236.867,6	-2.491,5	-1,1 %	110.849,7	115.047,9	-4.198,2	-3,8 %
1994	236.424,3	239.274,0	-2.849,7	-1,2 %	112.057,4	116.601,8	-4.544,5	-4,1 %
1995	239.190,9	243.197,1	-4.006,2	-1,7 %	114.857,9	120.481,2	-5.623,3	-4,9 %
1996	240.853,4	244.378,9	-3.525,5	-1,5 %	116.390,9	121.516,7	-5.125,8	-4,4 %
1997	248.720,0	252.206,1	-3.486,1	-1,4 %	122.126,9	127.324,8	-5.197,9	-4,3 %
1998	247.879,1	251.659,5	-3.780,4	-1,5 %	122.263,8	127.641,2	-5.377,4	-4,4 %
1999	242.869,5	244.621,1	-1.751,6	-0,7 %	117.539,7	120.805,2	-3.265,5	-2,8 %
2000	225.112,7	227.566,5	-2.453,9	-1,1 %	120.038,0	124.138,3	-4.100,4	-3,4 %
2001	204.327,3	205.946,1	-1.618,8	-0,8 %	119.449,6	122.669,9	-3.220,2	-2,7 %
2002	203.998,9	205.766,3	-1.767,5	-0,9 %	119.577,5	122.780,4	-3.202,9	-2,7 %
2003	223.720,6	224.207,6	-487,0	-0,2 %	123.960,7	125.934,3	-1.973,6	-1,6 %
2004	225.390,6	224.772,8	617,8	0,3 %	126.903,8	127.652,2	-748,3	-0,6 %
2005	214.818,3	211.545,3	3.273,0	1,5 %	131.816,0	129.942,0	1.874,0	1,4 %
2006	217.084,8	217.779,2	-694,3	-0,3 %	136.282,8	138.306,4	-2.023,6	-1,5 %
2007	220.948,4	223.602,3	-2.653,8	-1,2 %	137.239,7	141.270,0	-4.030,3	-2,9 %
2008	217.741,3	220.100,1	-2.358,8	-1,1 %	139.200,2	143.202,3	-4.002,1	-2,9 %
2009	216.200,5	218.164,5	-1.964,0	-0,9 %	144.468,9	148.039,1	-3.570,2	-2,5 %
2010	224.846,8	223.942,5	904,3	0,4 %	152.241,2	153.104,5	-863,3	-0,6 %
2011	234.677,5	235.777,6	-1.100,0	-0,5 %	152.239,6	154.815,7	-2.576,1	-1,7 %
2012	237.968,8	240.029,0	-2.060,2	-0,9 %	155.945,5	159.428,4	-3.482,9	-2,2 %
2013	224.539,9	226.984,8	-2.444,9	-1,1 %	160.289,7	164.178,8	-3.889,1	-2,4 %
2014	233.522,4	235.495,2	-1.972,8	-0,8 %	163.427,3	166.825,8	-3.398,5	-2,1 %
2015	231.512,7	229.436,5	2.076,2	0,9 %	169.324,7	168.462,1	862,6	0,5 %
2016	260.182,1	257.850,2	2.331,9	0,9 %	170.839,3	169.848,6	990,6	0,6 %
2017	279.815,4	279.441,2	374,2	0,1 %	167.309,8	168.116,2	-806,4	-0,5 %
2018	284.504,1	284.812,0	-307,9	-0,1 %	177.435,5	178.733,3	-1.297,7	-0,7 %
2019	272.526,6	272.172,1	354,4	0,1 %	183.815,9	184.400,4	-584,6	-0,3 %
2020	274.792,5	275.348,6	-556,1	-0,2 %	176.164,8	177.482,9	-1.318,1	-0,7 %
2021	280.102,0	280.240,2	-138,2	0,0 %	183.498,9	183.203,9	295,0	0,2 %
2022	NE	268.905,9	NA	NA	NE	194.930,4	NA	NA
2023	NE	257.047,1	NA	NA	NE	198.807,0	NA	NA
2024	NE	276.732,8	NA	NA	NE	200.991,0	NA	NA

Fuente: Elaboración propia.

Considerando LULUCF, las variaciones son mayores y con una mayor brecha que aquellas presentadas cuando no se contempla este sector.

Las emisiones netas con LULUCF varían entre -1,7 % y 1,5 % a lo largo de la serie de tiempo, mientras que las emisiones netas con LULUCF varían entre -4,9 % y 1,4 %.

9.4 Áreas de mejora y fomento de capacidad en respuesta a los procesos del examen

El proceso de revisión por parte del Equipo de Expertos Técnicos de la CMNUCC del informe del inventario del BTR1 abogó por el cumplimiento de los principios del inventario, principalmente la transparencia y la completitud. La siguiente tabla resume el número de recomendaciones por sector:

Tabla 9-3. Recomendaciones del TERT por sector IPCC para BTR1

Item	Número de observaciones o Recomendaciones
General	1
1. Energía	6
2. IPPU	6
3. Agricultura	5
4. LULUCF	19
5. Residuos	12

Fuente: Elaboración propia.

Las áreas de mejora de la revisión del NID del BTR1 se centraron en:

- Párrafo 20-24 de MPG: Metodologías, parámetros y datos, sobre el uso de las directrices IPCC, que aplica para todos los sectores IPCC.
- Párrafo 26-28, 43 de MPG: Consistencia de la serie de tiempo y recálculos, ítems en los que se relacionan dos recomendaciones para LULUCF.
- Párrafo 30-33,45, 47, 50 de MPG: Garantía de completitud, para el informe en general en el que se identifican oportunidades sobre la falta de completitud para todos los sectores IPCC
- Párrafo 39-40, 47, 53-56 de MPG: Metodologías, factores de emisión, parámetros y datos de actividad, con oportunidades de mejora para energía, IPPU, LULUCF y Residuos.

El equipo del SINGEI continuamente se encuentra vinculado al proceso de mejora continua desde el punto de vista del proceso, como desde el enfoque técnico. Dado que en el ciclo actual nos encontramos el proceso de desarrollo de la plataforma del SINGEI, a la par que se está implementando la norma técnica NTC PE 1000 para la certificación del proceso estadístico, con una curva de aprendizaje acelerada para el personal del inventario y ciertas circunstancias políticas actuales, logramos avanzar en algunas de las oportunidades de mejora identificadas en el BTR1, gracias al proceso de revisión en el país desarrollado por el TERT y a las oportunidades de fortalecimiento de capacidades recibidos por diferentes actores como la CMNUCC y CIAT.

Los avances logrados, las recomendaciones del TERT, el fortalecimiento de capacidades, la revisión de pares de expertos del BTR1, el plan de mejora propuesto en el BTR1 y la ejecución del ciclo de inventario actual permitieron identificar las oportunidades de mejora a implementar en los siguientes ciclos de inventario.

La siguiente tabla resume la propuesta de mejoras sectoriales priorizada de acuerdo con las capacidades nacionales, el análisis de categorías clave y la influencia de la incertidumbre:

Tabla 9-4. Resumen del plan de mejora sectorial del inventario de emisiones y absorciones atmosféricas (BTR2+4CNCC)

Sector	Subcategoría	Oportunidad de mejora	Prioridad	Periodo	Fase OE
1. Energía	1.A.1. Industrias de la energía	-Propender por la articulación entre entidades para obtener mejores datos sobre consumos de biocombustibles con fines energéticos. -Fortalecer la articulación entre entidades para lograr la trazabilidad de los datos de consumos de combustibles en zonas no interconectadas (ZNI) -Obtener la información sobre el consumo de combustible en operaciones mineras de extracción de carbón para el periodo 1990-2009. -Trabajar articuladamente con la UPME y Minenergía (MRVme) para que la actualización de la información del sector.	4	BTR3 - BTR4	Acopio
1. Energía	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	-Promover el desarrollo de una mayor desagregación del BECO, no solo por división de los códigos CIIU sino al nivel de clase (4 dígitos), lo cual permitiría obtener emisiones a nivel de subsectores específicos. -Propender por la articulación entre entidades para obtener mejores datos sobre consumos de biocombustibles con fines energéticos. -Fortalecer instrumentos de información como SIMCO, SICOM y RUA manufacturero como proveedores de información para el INGEI.	6	BTR3 - BTR4	Acopio
1. Energía	1.A.3. Transporte	-Promover la articulación con Mintransporte para establecer un ciclo de captura y validación anual de recorridos promedio y rendimientos por clase vehicular (livianos, pesados, motos, buses), integrando registros del RUNT y otras fuentes oficiales. -Fortalecer herramientas de estimación (p. ej., matrices origen–destino, factores de carga, degradación de rendimiento) para refinar la estimación de transporte terrestre. -Continuar el proceso de articulación con Mintransporte y demás actores involucrados para obtener información para la serie temporal completa considerando datos de actividad y factores (tipo, edad, cilindraje, tecnología, etc.) para maquinaria fuera de ruta y maquinaria agrícola	3	BTR3 - BTR4	Acopio
1. Energía	1.A.4. Otros sectores	Obtener los datos de actividad de biogás recuperado en rellenos sanitarios y PTAR para la serie histórica 1990–2008.	9	BTR3	Acopio
1. Energía	1.B.1. Combustibles sólidos	Fortalecer la articulación interinstitucional para obtener datos sobre producción minera, incluyendo información sobre minas subterráneas abandonadas	15	BTR3 - BTR4	Acopio
1. Energía	1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	Incorporar en las estimaciones de emisiones fugitivas el desarrollo de factores de emisión propios para las emisiones por venteo que ocurren en el sector upstream, mediante el fortalecimiento de los sistemas de reporte sectorial y la articulación con las entidades del sector hidrocarburos,	11	BTR3 - BTR4	Acopio
2. IPPU	2.A.1. Producción de cemento	-Establecer acuerdos entre el Ideam y las empresas productoras de cemento o su agremiación, para facilitar la transferencia de información continua.	14	BTR4	Acopio Procesamiento

Sector	Subcategoría	Oportunidad de mejora	Prioridad	Periodo	Fase OE
		-Fortalecer la disponibilidad de información técnica y de actividad requerida para implementar metodologías de nivel superior (Tier 2 o Tier 3) en la estimación de emisiones de la producción de cemento. Reducir la incertidumbre de las estimaciones de emisiones de la categoría clave mediante el fortalecimiento de los datos de actividad, parámetros y metodologías empleadas. -Fortalecer la completitud y representatividad de los datos de comercio exterior (importaciones y exportaciones) de clínker.			
2. IPPU	2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	-Fortalecer la estimación de emisiones mediante espacios de transferencia de conocimiento con expertos internacionales del sector. -Continuar en la búsqueda de fuentes de información que permitan incrementar el nivel de estimación.	18	BTR5	Acopio - Procesamiento
3. Agricultura	3.A.1. Bovinos	-Continuar fortaleciendo el método de estimación de emisiones a través de la definición de factores de emisión variables en el tiempo a través de revisión de literatura, la articulación sectorial y los conceptos de expertos. -Fortalecer y revisar el modelo AFOLU 1 Colombia considerando sistemas de producción, dietas, variables climatológicas, etc.	2	BTR5	Procesamiento
3. Agricultura	3.A.4. Otro ganado	Revisar la coherencia de las series de datos en cada fuente de información oficial y evaluar aquellas que mejor representen el crecimiento de los datos de actividad. Además, aplicar técnicas de empalme para la información faltante, evitando el uso de múltiples fuentes de información.	17	BTR4	Acopio
3. Agricultura	3.D.1 Emisiones directas de N2O de suelos gestionados	-Perfeccionar la metodología de estimación con la articulación con centros de investigación y la academia para identificar datos sobre consumos de fertilizantes orgánicos e inorgánicos y factores de emisión, con el apoyo de revisión bibliográfica y conceptos de expertos. -Con el apoyo de expertos realizar la definición de suelos orgánicos y minerales, así como la definición de suelos gestionados y no gestionados. -Optimizar e implementar el modelo de estimación de emisiones de orina y estiércol	12	BTR5	Acopio - Procesamiento
4. LULUCF	4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	-Revisar la definición de bosque natural para fines de inventario. -Realizar la homologación de las coberturas identificadas en el país con las categorías del inventario. -Redefinir la matriz de cambios con fines de inventario de acuerdo con las recomendaciones recibidas y las Directrices IPCC. -Emplear la información geoespacial disponible para optimizar las permanencias y cambios en las coberturas (SMByC, CLC, IFN, etc.). Mapa integrado. -Garantizar el balance de carbono bajo el método de pérdidas y ganancias. Balance secuencial.	1	BTR5	Diseño Procesamiento
4. LULUCF	4.A.2. Tierras convertidas a tierras forestales		21	BTR5	Diseño Procesamiento
4. LULUCF	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	Mejorar la exhaustividad y la precisión temporal de los datos de áreas de cultivo, incluyendo cambios en las áreas cultivadas a través de espacios de articulación con entidades y agremiaciones del sector	8	BTR5	Acopio

Sector	Subcategoría	Oportunidad de mejora	Prioridad	Periodo	Fase OE
		A partir de los mapas de suelos del país, hacer la homologación de los suelos a categorías IPCC e identificar cuales se consideran como minerales u orgánicos y su discriminación por tipo de cobertura.			
4. LULUCF	4.C.1. Pastizales que permanecen como tales	-Ampliar la cobertura de la definición de pastizales para el inventario de Colombia, sin limitarlo únicamente a sistemas silvopastoriles. -Optimizar la estimación de emisiones y su completitud en la serie de tiempo para sistemas silvopastoriles	13	BTR5	Diseño - Acopio
4. LULUCF	4.C.2. Tierras convertidas a pastizales	-Completar la matriz de cambio de uso del suelo para la categoría de pastizales utilizando el mapa CLC, con el fin de identificar los usos del suelo antes y después de la conversión a pastizales.	5	BTR5	Diseño - Acopio
4. LULUCF	4.D.2. Tierras convertidas a humedales	-Continuar fortaleciendo las estimaciones asociadas a tierras inundadas.	18	BTR5	Acopio - Procesamiento
4. LULUCF	4.E.2. Tierras convertidas a asentamientos	-Armonizar los mapas nacionales de suelos con las categorías del IPCC para identificar suelos minerales y orgánicos y desagregarlos por tipo de cobertura de asentamientos. -Revisar y ajustar la reconstrucción de los datos faltantes de la categoría de asentamientos de conformidad con la orientación del IPCC siguiendo las técnicas del empalme	22	BTR5	Acopio - Procesamiento
5. Residuos	5.A.1 Sitios gestionado de residuos sólidos	-Revisar la composición de residuos a lo largo de la serie de tiempo a través de conceptos de experto y revisiones con la academia. -Continuar identificando fuentes de información con captura y aprovechamiento de biogás	7	BTR4	Acopio
5. Residuos	5.C.2. Incineración abierta de residuos	Evaluar y sustituir los datos de la ECV mediante la integración de fuentes alternativas que fortalezcan la representatividad y calidad de la tasa de actividad de quema abierta.	20	BTR4	Acopio - Procesamiento
5. Residuos	5.D.1.Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	-Avanzar hacia la implementación de metodologías de nivel superior (Tier 2) para las categorías clave de aguas residuales domésticas, mediante el fortalecimiento de la información sobre tecnologías de tratamiento, condiciones operativas, recuperación de biogás y parámetros específicos para Colombia.	16	BTR4	Acopio - Procesamiento
5. Residuos	5.D.2. Tratamiento y eliminación aguas residuales industriales	-Fortalecer la identificación y caracterización de las principales plantas de tratamiento de aguas residuales industriales del país, ampliando la disponibilidad de información sobre vertimientos, demanda química de oxígeno (DQO), nitrógeno total, tecnologías de tratamiento, condiciones operativas y aprovechamiento de biogás. -Desarrollar parámetros específicos por sector industrial que permitan mejorar la representatividad de los factores de emisión y de los parámetros utilizados en la estimación de emisiones de CH_4 y N_2O, incluyendo factores asociados a generación de carga orgánica, nitrógeno y eficiencia de tratamiento.	10	BTR4	Acopio - Procesamiento

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con las recomendaciones recibidas y el trabajo realizado, el equipo del SINGEI identifica que los recursos y el enfoque debe darse sobre las oportunidades de mejora del inventario de LULUCF y Residuos. Así mismo se debe continuar trabajando en la mejora continua del inventario del sector energía, principalmente el subsector transporte y las emisiones de agricultura e IPPU.

En los capítulos sectoriales puede consultar la información detallada sobre el plan de mejora sectorial al nivel de subcategoría.

9.5 Áreas de mejora y fomento de capacidad en relación con flexibilidad

Durante la ejecución del presente ciclo, Colombia solventó las necesidades relacionadas con las flexibilidades a las que aplicó durante el BTR1 asociadas a la serie temporal.

Para el presente ciclo, Colombia logró implementar el uso de técnicas de empalme para garantizar la completitud de la serie de tiempo y realizó las gestiones pertinentes para disminuir la brecha de reporte presentando el reporte del inventario de emisiones y absorciones atmosféricas desde 1990 al 2024, cumpliendo lo establecido en los párrafos 57 y 58 de la Decisión 18/CMA.1

10 ANEXOS

10.1 Aspectos transversales

Anexo 1.1. Árbol de categorías del SINGEI

Categorías estimadas en el inventario	Cartera
1. Energía	-
1.A. Actividades de quema de combustibles	-
1.A.1. Industrias de la energía	-
1.A.1.a. Producción de electricidad pública y calor como actividad principal	-
1.A.1.a.i. Generación de electricidad	Minenergía
1.A.1.b. Refinación del petróleo	Minenergía
1.A.1.c. Fabricación de combustibles sólidos y otras energías	-
1.A.1.c.i. Manufactura de combustibles sólidos	Minenergía
1.A.1.c.ii. Extracción de petróleo y gas	Minenergía
1.A.1.c.iii. Otras industrias de la energía	Minenergía
1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	-
1.A.2.a. Hierro y acero	Mincomercio
1.A.2.b. Metales no ferrosos	Mincomercio
1.A.2.c. Productos químicos	Mincomercio
1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta	Mincomercio
1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco	Mincomercio
1.A.2.f. Minerales no metálicos	Mincomercio
1.A.2.g. Otros	-
1.A.2.g.i. Manufactura de maquinaria	Mincomercio
1.A.2.g.ii. Manufactura de equipos de transporte	Mincomercio
1.A.2.g.iii. Minería (excluidos combustibles) y explotación de canteras	Minenergía
1.A.2.g.iv. Madera y productos de la madera	Mincomercio
1.A.2.g.v. Construcción	Mincomercio Minvivienda
1.A.2.g.vi. Textiles y cueros	Mincomercio
1.A.2.g.vii. Vehículos todoterreno y otra maquinaria	Mintransporte
1.A.2.g.viii. Otros	Mincomercio
1.A.3. Transporte	-
1.A.3.a. Aviación domestica	-
1.A.3.a.i. Aviación doméstica (LTO)	Mintransporte
1.A.3.a.ii. Aviación doméstica (Crucero)	Mintransporte
1.A.3.b. Transporte terrestre	-
1.A.3.b.i. Automóviles	-
1.A.3.b.i.1. Automóviles particulares, diplomáticos y oficiales	Mintransporte
1.A.3.b.i.2. Automóviles servicio público	Mintransporte
1.A.3.b.i.3. Camperos	Mintransporte
1.A.3.b.ii. Camiones para servicio ligero	-
1.A.3.b.ii.1. Camionetas	Mintransporte
1.A.3.b.iii. Camiones para servicio pesado y autobuses	-
1.A.3.b.iii.1. Buses	Mintransporte
1.A.3.b.iii.2. Camiones y volquetas	Mintransporte
1.A.3.b.iii.3. Tractocamiones	Mintransporte
1.A.3.b.iv. Motocicletas	-
1.A.3.b.iv.1. Motos	Mintransporte
1.A.3.b.v. Otros	-
1.A.3.b.v.1. Emisiones por evaporación procedentes de vehículos	Mintransporte
1.A.3.b.v.2. Desgaste de neumáticos y frenos	Mintransporte
1.A.3.b.v.3. Desgaste de vías	Mintransporte
1.A.3.b.v.4. Otros	Mintransporte
1.A.3.c. Ferrocarriles	Mintransporte
1.A.3.d. Navegación doméstica	Mintransporte
1.A.3.e. Otro transporte	-
1.A.3.e.i. Transporte por tubería	Minenergía
1.A.4. Otros sectores	-
1.A.4.a. Comercial/institucional	-
1.A.4.a.i. Estacionaria	Minvivienda

Categorías estimadas en el inventario	Cartera
1.A.4.b. Residencial	-
1.A.4.b.i. Estacionaria	Minvivienda
1.A.4.c. Agricultura/silvicultura/pesca	-
1.A.4.c.i. Estacionario	Minagricultura
1.A.4.c.ii. Móviles (Vehículos todoterreno y otra maquinaria)	Minagricultura
1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	-
1.B.1. Combustibles sólidos	-
1.B.1.a. Minería carbonífera y manejo del carbón.	-
1.B.1.a.i Minas subterráneas	-
1.B.1.a.i.1. Minería	Minenergía
1.B.1.a.i.2. Emisiones posteriores a la minería	Minenergía
1.B.1.a.ii. Minas de superficie	-
1.B.1.a.ii.1. Minería	Minenergía
1.B.1.a.ii.2. Emisiones posteriores a la minería	Minenergía
1.B.1.b. Transformación de combustible	-
1.B.1.b.i. Producción de carbón vegetal y biocarbón	Minenergía
1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	-
1.B.2.a. Petróleo	-
1.B.2.a.ii. Producción y modernización	Minenergía
1.B.2.a.iii. Transporte	Minenergía
1.B.2.a.iv. Refinamiento y almacenamiento	Minenergía
1.B.2.b. Gas natural	-
1.B.2.b.ii. Producción y recolección	Minenergía
1.B.2.b.iii. Procesamiento	Minenergía
1.B.2.b.iv. Transmisión y almacenamiento	Minenergía
1.B.2.b.v. Distribución	Minenergía
1.B.2.c. Venteo y quema en antorcha	-
1.B.2.c.i. Venteo	-
1.B.2.c.i.1. Petróleo	Minenergía
1.B.2.c.i.2. Gas	Minenergía
1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	-
1.B.2.c.ii.1. Petróleo	Minenergía
1.B.2.c.ii.2. Gas	Minenergía
1.D. Aviación internacional y navegación internacional (bunkers internacionales) y operaciones multilaterales	-
1.D.1. Bunkers internacionales	-
1.D.1.a. Aviación internacional (Aviación Bunker)	Mintransporte
1.D.1.b. Navegación Internacional (Navegación Bunker)	Mintransporte
2. Procesos industriales y uso de productos	-
2.A. Industria de los minerales	-
2.A.1. Producción de cemento	Mincomercio
2.A.2. Producción de cal	Mincomercio
2.A.3. Producción de vidrio	Mincomercio
2.A.4. Otros usos industriales de los carbonatos	-
2.A.4.b. Otros usos de la ceniza de sosa	Mincomercio
2.A.5. Otros	-
2.A.5.a. Cantería y minería de minerales diferentes al carbón	Minenergía Mincomercio
2.A.5.b. Construcción y demoliciones	Mincomercio Minvivienda
2.B. Industria química	-
2.B.1. Producción de amoníaco	Mincomercio
2.B.2. Producción de ácido nítrico	Mincomercio
2.B.4. Producción de caprolactama, glioxal y ácido glioxílico	-
2.B.4.a. Caprolactama	Mincomercio
2.B.8. Producción petroquímica y de negro de humo	-
2.B.8.b. Etileno	Minenergía
2.B.8.c. Dicloruro de etileno y monómero de cloruro de vinilo	Mincomercio
2.B.8.f. Negro de humo	Mincomercio
2.B.11. Otros	-
2.B.11.a. Polietileno	Mincomercio
2.B.11.b. Poliestireno	Mincomercio
2.B.11.c. Polipropileno	Mincomercio

Categorías estimadas en el inventario	Cartera
2.B.11.d. Formaldehído	Mincomercio
2.B.11.e. Ácido sulfúrico	Mincomercio
2.B.11.f. Anhidro ftálico	Mincomercio
2.C. Industria de los metales	-
2.C.1. Producción de hierro y acero	-
2.C.1.a. acero	Mincomercio
2.C.1.b. Fundición en bruto (Arrabio)	Mincomercio
2.C.1.d. Sinterizado	Mincomercio
2.C.2. Producción de ferroaleaciones	Minenergía
2.C.5. Producción de plomo	Mincomercio
2.D. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente	-
2.D.1. Uso de lubricantes	Minvivienda Minenergía
2.D.2. Uso de cera de parafina	Mincomercio
2.D.3. Otros	-
2.D.3.a. Otros	-
2.D.3.a.i. Uso de disolventes	Mincomercio
2.D.3.a.iv. Otros	-
2.D.3.a.iv.2. Desengrasantes	Mincomercio
2.D.3.a.iv.5. Impresión	Mincomercio
2.D.3.a.iv.6. Otros usos de solventes y de productos	Mincomercio
2.F. Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO)	-
2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	-
2.F.1.a. Refrigeración comercial	Minambiente
2.F.1.b. Refrigeración doméstica	Minambiente
2.F.1.c. Refrigeración industrial	Minambiente
2.F.1.d. Transporte refrigerado	Minambiente
2.F.1.e. Aire acondicionado móvil	Minambiente
2.F.1.f. Aire acondicionado estacionario	Minambiente
2.F.2. Agentes espumantes	-
2.F.2.b. Celdas abiertas	Minambiente
2.F.3. Protección contra incendios	Minambiente
2.F.4. Aerosoles	-
2.F.4.a. Inhaladores dosificadores	Minambiente
2.F.4.b. Otros	Minambiente
2.F.5. Solventes	Minambiente
2.F.6. Otras aplicaciones	Minambiente
2.G. Manufactura y utilización de otros productos	-
2.G.1. Equipos electrónicos	Minenergía
2.H. Otros	-
2.H.1. Industria de pulpa y papel	Mincomercio
2.H.2. Industria de la alimentación y las bebidas	Mincomercio
3. Agricultura	-
3.A. Fermentación entérica	-
3.A.1. Bovinos	-
3.A.1.a. Otro	-
3.A.1.a.iv. Otros	-
3.A.1.a.iv.1. Vacas de alta Producción	Minagricultura
3.A.1.a.iv.2. Vacas de baja producción	Minagricultura
3.A.1.a.iv.3. Vacas para producción de carne	Minagricultura
3.A.1.a.iv.4. Toros utilizados con fines reproductivos	Minagricultura
3.A.1.a.iv.5. Terneros pre-destetos	Minagricultura
3.A.1.a.iv.6. Novillas de reemplazo	Minagricultura
3.A.1.a.iv.7. Ganado de engorde	Minagricultura
3.A.2. Ovinos	-
3.A.2.a. Otro	-
3.A.2.a.i. Ovinos	Minagricultura
3.A.3. Porcinos	-
3.A.3.a. Otro	-
3.A.3.a.i. Porcinos < 6 meses	Minagricultura
3.A.3.a.ii. Porcinos > 6 meses	Minagricultura
3.A.3.a.iii. Porcinos baja productividad	Minagricultura

Categorías estimadas en el inventario	Cartera
3.A.4. Otro ganado	-
3.A.4.a. Búfalos	Minagricultura
3.A.4.d. Caprinos	Minagricultura
3.A.4.e. Caballos	Minagricultura
3.A.4.f. Mulas y asnos	Minagricultura
3.A.4.h. Otros	-
3.A.4.h.v. Otros	-
3.A.4.h.v.1. Ponedoras	Minagricultura
3.A.4.h.v.2. Pollo de engorde	Minagricultura
3.B. Gestión del estiércol	-
3.B.1. Bovinos	-
3.B.1.a. Otro	-
3.B.1.a.iv. Otros	-
3.B.1.a.iv.1. Vacas de alta Producción	Minagricultura
3.B.1.a.iv.2. Vacas de baja producción	Minagricultura
3.B.1.a.iv.3. Vacas para producción de carne	Minagricultura
3.B.1.a.iv.4. Toros utilizados con fines reproductivos	Minagricultura
3.B.1.a.iv.5. Terneros pre-destetos	Minagricultura
3.B.1.a.iv.6. Novillas de reemplazo	Minagricultura
3.B.1.a.iv.7. Ganado de engorde	Minagricultura
3.B.2. Ovinos	-
3.B.2.a. Otro	-
3.B.2.a.i. Ovinos	Minagricultura
3.B.3. Porcinos	-
3.B.3.a. Otro	-
3.B.3.a.i. Porcinos < 6 meses	Minagricultura
3.B.3.a.ii. Porcinos > 6 meses	Minagricultura
3.B.3.a.iii. Porcinos baja productividad	Minagricultura
3.B.4. Otro ganado	-
3.B.4.a. Búfalos	Minagricultura
3.B.4.d. Caprinos	Minagricultura
3.B.4.e. Caballos	Minagricultura
3.B.4.f. Mulas y Asnos	Minagricultura
3.B.4.h. Otro	-
3.B.4.h.v. Otro	-
3.B.4.h.v.1. Ponedoras	Minagricultura
3.B.4.h.v.2. Pollos de engorde	Minagricultura
3.B.5. Emisiones indirectas de N2O de gestión de estiércol	-
3.B.5.a. Bovinos	-
3.B.5.a.i. Vacas de Alta Producción	Minagricultura
3.B.5.a.ii. Vacas de Baja Producción	Minagricultura
3.B.5.a.iii. Vacas para producción de carne	Minagricultura
3.B.5.a.iv. Toros utilizados con fines reproductivos	Minagricultura
3.B.5.a.v. Terneros pre-destetos	Minagricultura
3.B.5.a.vi. Novillas de reemplazo	Minagricultura
3.B.5.a.vii. Ganado de engorde	Minagricultura
3.B.5.b. Ovinos	Minagricultura
3.B.5.c. Porcinos	-
3.B.5.c.i. Porcinos < 6 meses	Minagricultura
3.B.5.c.ii. Porcinos > 6 meses	Minagricultura
3.B.5.c.iii. Porcinos baja productividad	Minagricultura
3.B.5.d. Otro Ganado	-
3.B.5.d.i. Búfalos	Minagricultura
3.B.5.d.ii. Caprinos	Minagricultura
3.B.5.d.iii. Caballos	Minagricultura
3.B.5.d.iv. Mulas y asnos	Minagricultura
3.B.5.d.v. Aves de corral	-
3.B.5.d.v.1. Ponedoras	Minagricultura
3.B.5.d.v.2. Pollo de engorde	Minagricultura
3.C. Cultivo de arroz	-
3.C.1. Arroz riego	-
3.C.1.a. Continuamente inundado	Minagricultura

Categorías estimadas en el inventario	Cartera
3.C.1.b. Inundado intermitentemente	-
3.C.1.b.i. Aireación simple	Minagricultura
3.C.1.b.ii. Aireación múltiple	Minagricultura
3.C.2. Arroz secano	-
3.C.2.b. Propenso a la sequía	Minagricultura
3.D. Suelos agrícolas	-
3.D.1 Emisiones directas de N2O de suelos gestionados	-
3.D.1.a. Fertilizantes N inorgánicos	Minagricultura
3.D.1.b. Fertilizantes orgánicos N	-
3.D.1.b.i. Estiércol animal aplicado a los suelos	Minagricultura
3.D.1.c. Orina y estiércol depositado por animales en pastoreo	Minagricultura
3.D.1.d. Residuos de cosecha	Minagricultura
3.D.1.e. Mineralización/inmovilización asociada a pérdida/ganancia de materia orgánica del suelo	Minagricultura
3.D.1.f. Cultivo de suelos orgánicos (Histosoles)	Minagricultura
3.D.1.g. Otro	-
3.D.1.g.i. Operaciones agrícolas	Minagricultura
3.D.1.g.ii. Cultivos en pie	Minagricultura
3.D.2. Emisiones indirectas de N2O de suelos gestionados	-
3.D.2.a. Deposición atmosférica	-
3.D.2.a.i. Deposición atmosférica - Fertilizantes N inorgánicos	Minagricultura
3.D.2.a.ii. Deposición atmosférica - Fertilizantes N orgánicos	Minagricultura
3.D.2.a.iii. Deposición atmosférica - Orina y estiércol de animales en pastoreo	Minagricultura
3.D.2.b. Lixiviación y escorrentía de nitrógeno	-
3.D.2.b.i. Lixiviación y escorrentía Fertilizantes N inorgánicos	Minagricultura
3.D.2.b.ii. Lixiviación y escorrentía Fertilizantes N orgánicos	Minagricultura
3.D.2.b.iii. Lixiviación y escorrentía Residuos de cosecha	Minagricultura
3.D.2.b.iv. Lixiviación y escorrentía Mineralización/inmovilización asociada a pérdida/ganancia de materia orgánica del suelo	Minagricultura
3.D.2.b.v. Lixiviación y escorrentía - Orina y estiércol de animales en pastoreo	Minagricultura
3.F. Quema de residuos agrícolas en el campo	-
3.F.1. Cereales	-
3.F.1.c. Maíz	Minagricultura
3.F.1.d. Otros (especifique)	-
3.F.1.d.i Arroz	Minagricultura
3.F.4. Caña de azúcar	Minagricultura
3.F.5. Otros	Minagricultura
3.G. Encalado	-
3.G.2. Dolomita CaMg(CO3)2	Minagricultura
3.H. Aplicación de urea	Minagricultura
4. Silvicultura, uso y cambio de uso de la tierra	-
4.A. Tierras forestales	-
4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	-
4.A.1.a. Tierras forestales que permanecen como tales (Consumo de leña)	Gestión de tierras forestales - Minambiente
4.A.1.b. Tierras forestales que permanecen como tales (Degradación)	Gestión de tierras forestales - Deforestación
4.A.1.c. Tierras forestales que permanecen como tales (Conversión de bosque natural a tierras forestales)	Gestión de tierras forestales - Deforestación
4.A.1.d. Tierras forestales que permanecen como tales (Plantaciones forestales comerciales)	Gestión de tierras forestales - Minagricultura
4.A.2. Tierras convertidas a tierras forestales	Gestión de tierras forestales - Minambiente
4.B. Tierras de cultivo	-
4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	-
4.B.1.a. Cultivo de café	Minagricultura
4.B.1.b. Palma de aceite	Minagricultura
4.B.1.c. Cacao	Minagricultura
4.B.1.d. Aguacate	Minagricultura
4.B.1.e. Caucho	Minagricultura

Categorías estimadas en el inventario	Cartera
4.B.1.f. Mango	Minagricultura
4.B.1.g. Limón	Minagricultura
4.B.1.h. Mandarina	Minagricultura
4.B.1.i. Naranja	Minagricultura
4.B.1.j. Tangelo	Minagricultura
4.B.1.k. Marañón	Minagricultura
4.B.1.l. Otro	Gestión de tierras forestales - Minagricultura
4.B.2. Tierras convertidas a tierras de cultivo	-
4.B.2.a. Tierras forestales convertidas a tierras de cultivo	Gestión de tierras forestales - Deforestación
4.C. Pastizales	-
4.C.1. Pastizales que permanecen como tales	Minagricultura
4.C.2. Tierras convertidas a pastizales	-
4.C.2.b. Tierras de cultivo convertidas a pastizales	-
4.C.2.b.i. Tierras de cultivo convertidas a herbazales	Minagricultura
4.D. Humedales	-
4.D.1 Humedales que permanecen como tales	-
4.D.1.b. Tierras inundadas que permanecen como tales	Minenergía
4.D.2. Tierras convertidas a humedales	-
4.D.2.b. Tierras convertidas a tierras inundadas	-
4.D.2.b.i. Tierras forestales convertidas a tierras inundadas	Gestión de tierras forestales - Deforestación
4.D.2.c. Tierras convertidas a otros humedales	-
4.D.2.c.ii. Tierras de cultivo convertidas a otros humedales	-
4.D.2.c.ii.1. Tierras de cultivo a humedales de tierras bajas y medias	Minambiente
4.D.2.c.ii.2.Tierras de cultivo a humedales costeros	Minambiente
4.E. Asentamientos	-
4.E.1. Asentamientos que permanecen como tales	Gestión de tierras forestales - Minambiente
4.E.2. Tierras convertidas a asentamientos	-
4.E.2.a. Tierras forestales convertidas a asentamientos	Gestión de tierras forestales - Deforestación
4.F. Otras tierras	-
4.F.2. Tierras convertidas a otras tierras	-
4.F.2.a. Tierras forestales convertidas a otras tierras	Gestión de tierras forestales - Deforestación
4.G. Productos de la madera recolectada (Consumo doméstico)	-
4.G.1. Madera maciza	-
4.G.1.a. Madera aserrada	Gestión de tierras forestales - Minagricultura
4.G.1.b. Paneles de madera	Gestión de tierras forestales - Minagricultura
4.G.2. Papel y cartón	-
4.G.2.a. Otros	Gestión de tierras forestales - Minagricultura
4.(II). Emisiones y absorciones provenientes del drenaje y re humedecimiento y otros manejos de suelos orgánicos y minerales	-
4(II).D. Humedales	-
4(II).D.1.Humedales que permanecen como tales	-
4(II).D.1.b. Tierras inundadas que permanecen como tales	Minenergía
4(IV). Quema de biomasa	-
4(IV).A. Tierras forestales	-
4(IV).A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	-
4(IV).A.1.b. Incendios forestales	Gestión de tierras forestales - Minambiente
4(IV).C. Pastizales	-
4(IV).C.1. Pastizales que permanecen como tales	-
4(IV).C.1.b. Incendios forestales	Gestión de tierras forestales - Minagricultura
5. Residuos	-
5.A. Eliminación de residuos sólidos	-

Categorías estimadas en el inventario	Cartera
5.A.1 Sitios gestionado de residuos sólidos	-
5.A.1.a. Anaeróbico	-
5.A.1.a.iv. Residuos voluminosos	Minvivienda
5.A.3. Sitios no categorizados de eliminación de residuos	-
5.A.3.d Granel - Sin fracciones de residuos	Minvivienda
5.C. Incineración e incineración abierta de residuos	-
5.C.1. Incineración de residuos	-
5.C.1.a. Biogénicos	-
5.C.1.a.ii Otros	Minambiente
5.C.1.b. No biogénicos	-
5.C.1.b.ii Otros	-
5.C.1.b.ii.2. Residuos peligrosos	Minambiente
5.C.1.b.ii.3. Residuos hospitalarios	Minambiente
5.C.1.b.ii.5. Residuos líquidos fósiles	Minambiente
5.C.2. Incineración abierta de residuos	-
5.C.2.b. No biogénicos	-
5.C.2.b.i. Residuos sólidos municipales	Minvivienda
5.D. Tratamiento y eliminación de aguas residuales	-
5.D.1.Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	Minvivienda
5.D.2. Tratamiento y eliminación aguas residuales industriales	-
5.D.2.a. Aceites vegetales	Mincomercio
5.D.2.b. Alimentos para animales	Mincomercio
5.D.2.c. Café	Mincomercio
5.D.2.d. Carnes y aves	Mincomercio
5.D.2.e. Fertilizantes nitrogenados	Mincomercio
5.D.2.f. Jabón y detergentes	Mincomercio
5.D.2.g. Malta y cerveza	Mincomercio
5.D.2.h. Manufactura de hierro y acero	Mincomercio
5.D.2.i. Medicamentos	Mincomercio
5.D.2.j. Otros alimentos	Mincomercio
5.D.2.k. Otras bebidas	Mincomercio
5.D.2.l. Pinturas	Mincomercio
5.D.2.m. Plásticos y resinas	Mincomercio
5.D.2.n. Procesamiento del pescado	Mincomercio
5.D.2.o. Producción de almidón	Mincomercio
5.D.2.p. Productos lácteos	Mincomercio
5.D.2.q. Pulpa y papel (combinados)	Mincomercio
5.D.2.r. Refinación del azúcar	Mincomercio
5.D.2.s. Refinado de alcohol	Mincomercio
5.D.2.t. Refinerías de petróleo	Mincomercio
5.D.2.u. Sustancias químicas orgánicas	Mincomercio
5.D.2.v. Textiles (naturales)	Mincomercio
5.D.2.w. Verduras, frutas y zumos	Mincomercio
5.D.2.x. Vino y vinagre	Mincomercio
Nacional	-

Anexo 1.2. Ecuaciones del SINGEI

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría 4	Subcategoría5	Contaminante	Directriz o guía	No. Ecuación
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.1. Industrias de la energía	1.A.1.a. Producción de electricidad pública y calor como actividad principal	1.A.1.a.i. Generación de electricidad			CO2, CH4, N2O	IPCC 2006. V2 Ch 2.	2.1
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.1. Industrias de la energía	1.A.1.a. Producción de electricidad pública y calor como actividad principal	1.A.1.a.i. Generación de electricidad			CN, CO, COVDM, NOx, PM10, PM2.5, SOx	EMEP/EEA 2019. V1 Ch 1A1	1
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.1. Industrias de la energía	1.A.1.b. Refinación del petróleo				CO2, CH4, N2O	IPCC 2006. V2 Ch 2.	2.1
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.1. Industrias de la energía	1.A.1.b. Refinación del petróleo				CN, CO, COVDM, NOx, PM10, PM2.5, SOx	EMEP/EEA 2019. V1 Ch 1A1	1
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.1. Industrias de la energía	1.A.1.c. Fabricación de combustibles sólidos y otras energías	1.A.1.c.i. Manufactura de Combustibles sólidos			CO2, CH4, N2O	IPCC 2006. V2 Ch 2.	2.1
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.1. Industrias de la energía	1.A.1.c. Fabricación de combustibles sólidos y otras energías	1.A.1.c.i. Manufactura de Combustibles sólidos			CN, CO, COVDM, NOx, PM10, PM2.5, Sox	EMEP/EEA 2019. V1 Ch 1A1	1
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.1. Industrias de la energía	1.A.1.c. Fabricación de combustibles sólidos y otras energías	1.A.1.c.ii. Extracción de petróleo y gas			CO2, CH4, N2O	IPCC 2006. V2 Ch 2.	2.1
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.1. Industrias de la energía	1.A.1.c. Fabricación de combustibles sólidos y otras energías	1.A.1.c.ii. Extracción de petróleo y gas			CN, CO, COVDM, NOx, PM10, PM2.5, Sox	EMEP/EEA 2019. V1 Ch 1A1	1
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.1. Industrias de la energía	1.A.1.c. Fabricación de combustibles sólidos y otras energías	1.A.1.c.iii. Otras industrias de la energía			CO2, CH4, N2O	IPCC 2006. V2 Ch 2.	2.1
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.1. Industrias de la energía	1.A.1.c. Fabricación de combustibles sólidos y otras energías	1.A.1.c.iii. Otras industrias de la energía			CN, CO, COVDM, NOx, PM10, PM2.5, Sox	EMEP/EEA 2019. V1 Ch 1A1	1
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.a. Hierro y acero				CO2, CH4, N2O	IPCC 2006. V2 Ch 2.	2.1
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.a. Hierro y acero				CN, CO, COVDM, NOx, PM10, PM2.5, Sox, NH3	EMEP/EEA 2019. V1 Ch 1A2	1

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría 4	Subcategoría5	Contaminante	Directriz o guía	No. Ecuación
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.b. Metales no férreos				CO2, CH4, N2O	IPCC 2006. V2 Ch 2.	2.1
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.b. Metales no férreos				CN, CO, COVDM, NOx, PM10, PM2.5, Sox	EMEP/EEA 2019. V1 Ch 1A2	1
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.c. Productos químicos				CO2, CH4, N2O	IPCC 2006. V2 Ch 2.	2.1
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.c. Productos químicos				CN, CO, COVDM, NOx, PM10, PM2.5, Sox, NH3	EMEP/EEA 2019. V1 Ch 1A2	1
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta				CO2, CH4, N2O	IPCC 2006. V2 Ch 2.	2.1
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta				CN, CO, COVDM, NOx, PM10, PM2.5, Sox, NH3	EMEP/EEA 2019. V1 Ch 1A2	1
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco				CO2, CH4, N2O	IPCC 2006. V2 Ch 2.	2.1
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco				CN, CO, COVDM, NOx, PM10, PM2.5, Sox, NH3	EMEP/EEA 2019. V1 Ch 1A2	1
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.f. Minerales no metálicos				CO2, CH4, N2O	IPCC 2006. V2 Ch 2.	2.1
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.f. Minerales no metálicos				CN, CO, COVDM, NOx, PM10,	EMEP/EEA 2019. V1 Ch 1A2	1

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría 4	Subcategoría5	Contaminante	Directriz o guía	No. Ecuación
		as y construcción					PM2.5, Sox, NH3		
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.g. Otros	1.A.2.g.i. Fabricación de maquinaria			CO2, CH4, N2O	IPCC 2006. V2 Ch 2.	2.1
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.g. Otros	1.A.2.g.i. Fabricación de maquinaria			CN, CO, COVDM, NOx, PM10, PM2.5, Sox, NH3	EMEP/EEA 2019. V1 Ch 1A2	1
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.g. Otros	1.A.2.g.ii. Fabricación de material de transporte			CO2, CH4, N2O	IPCC 2006. V2 Ch 2.	2.1
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.g. Otros	1.A.2.g.ii. Fabricación de material de transporte			CN, CO, COVDM, NOx, PM10, PM2.5, Sox, NH3	EMEP/EEA 2019. V1 Ch 1A2	1
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.g. Otros	1.A.2.g.iii. Minería (excluidos combustibles) y explotación de canteras			CO2, CH4, N2O	IPCC 2006. V2 Ch 2.	2.1
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.g. Otros	1.A.2.g.iii. Minería (excluidos combustibles) y explotación de canteras			CN, CO, COVDM, NOx, PM10, PM2.5, Sox	EMEP/EEA 2019. V1 Ch 1A2	1
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.g. Otros	1.A.2.g.iv. Madera y productos de madera			CO2, CH4, N2O	IPCC 2006. V2 Ch 2.	2.1
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.g. Otros	1.A.2.g.iv. Madera y productos de madera			CN, CO, COVDM, NOx, PM10, PM2.5, Sox, NH3	EMEP/EEA 2019. V1 Ch 1A2	1
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.g. Otros	1.A.2.g.v. Construcción			CO2, CH4, N2O	IPCC 2006. V2 Ch 2.	2.1

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría 4	Subcategoría5	Contaminante	Directriz o guía	No. Ecuación
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.g. Otros	1.A.2.g.v. Construcción			CN, CO, COVDM, NOx, PM10, PM2.5, Sox	EMEP/EEA 2019. V1 Ch 1A2	1
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.g. Otros	1.A.2.g.vi. Textil y cuero			CO2, CH4, N2O	IPCC 2006. V2 Ch 2.	2.1
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.g. Otros	1.A.2.g.vi. Textil y cuero			CN, CO, COVDM, NOx, PM10, PM2.5, Sox, NH3	EMEP/EEA 2019. V1 Ch 1A2	1
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.g. Otros	1.A.2.g.vii. Vehículos todoterreno y otra maquinaria			CO2, CH4, N2O	IPCC 2006. V2 Ch 2.	2.1
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.g. Otros	1.A.2.g.vii. Vehículos todoterreno y otra maquinaria			CN, CO, COVDM, NOx, PM10, PM2.5, SO2, NH3	EMEP/EEA 2019. V1 Ch 1A4	5
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.g. Otros	1.A.2.g.viii. Otros			CO2, CH4, N2O	IPCC 2006. V2 Ch 2.	2.1
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.g. Otros	1.A.2.g.viii. Otros			CN, CO, COVDM, NOx, PM10, PM2.5, Sox, NH3	EMEP/EEA 2019. V1 Ch 1A2	1
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.a. Aviación domestica	1.A.3.a.i. Aviación doméstica (LTO)			CO2	IPCC 2006. V2 Ch 3.	3.6.2, 3.6.3, 3.6.4
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.a. Aviación domestica	1.A.3.a.i. Aviación doméstica (LTO)			CH4, N2O	IPCC 2006. V2 Ch 3.	3.6.1
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.a. Aviación domestica	1.A.3.a.i. Aviación doméstica (LTO)			CN, CO, COVDM, NOx, PM10, PM2.5, Sox	EMEP/EEA 2019. V1 Ch 1A3a	1
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.a. Aviación domestica	1.A.3.a.ii. Aviación doméstica (Crucero)			CO2	IPCC 2006. V2 Ch 3.	3.6.2, 3.6.5

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría 4	Subcategoría5	Contaminante	Directriz o guía	No. Ecuación
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.a. Aviación domestica	1.A.3.a.ii. Aviación doméstica (Crucero)			CH4, N2O	IPCC 2006. V2 Ch 3.	3.6.1
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.a. Aviación domestica	1.A.3.a.ii. Aviación doméstica (Crucero)			CN, CO, COVDM, NOx, PM10, PM2.5, Sox	EMEP/EEA 2019. V1 Ch 1A3a	1
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.i. Automóviles	1.A.3.b.i.1. Automóviles particulares, diplomáticos y oficiales		CO2, CH4, N2O	IPCC 2006. V. 2, Ch. 3	3.2.4
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.i. Automóviles	1.A.3.b.i.1. Automóviles particulares, diplomáticos y oficiales		CN, CO, COVDM, NOX, PM10, PM2.5,	EMEP/EEA 2019. V. 1 Ch. 1.A.3.b.i-iv	4
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.i. Automóviles	1.A.3.b.i.1. Automóviles particulares, diplomáticos y oficiales		NH3, SO2	EMEP/EEA 2019. V. 1 Ch. 1.A.3.b.i-iv	1
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.i. Automóviles	1.A.3.b.i.2. Automóviles servicio público		CO2, CH4, N2O	IPCC 2006. V. 2, Ch. 3	3.2.4
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.i. Automóviles	1.A.3.b.i.2. Automóviles servicio público		CN, CO, COVDM, NOX, PM10, PM2.5,	EMEP/EEA 2019. V. 1 Ch. 1.A.3.b.i-iv	4
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.i. Automóviles	1.A.3.b.i.2. Automóviles servicio público		NH3, SO2	EMEP/EEA 2019. V. 1 Ch. 1.A.3.b.i-iv	1
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.i. Automóviles	1.A.3.b.i.3. Camperos		CO2, CH4, N2O	IPCC 2006. V. 2, Ch. 3	3.2.4
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.i. Automóviles	1.A.3.b.i.3. Camperos		CN, CO, COVDM, NOX, PM10, PM2.5,	EMEP/EEA 2019. V. 1 Ch. 1.A.3.b.i-iv	4
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.i. Automóviles	1.A.3.b.i.3. Camperos		NH3, SO2	EMEP/EEA 2019. V. 1 Ch. 1.A.3.b.i-iv	1
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.ii. Camiones para servicio ligero	1.A.3.b.ii.1. Camionetas		CO2, CH4, N2O	IPCC 2006. V. 2, Ch. 3	3.2.4

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría 4	Subcategoría5	Contaminante	Directriz o guía	No. Ecuación
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.ii. Camiones para servicio ligero	1.A.3.b.ii.1. Camionetas		CN, CO, COVDM, NOX, PM10, PM2.5,	EMEP/EEA 2019. V. 1 Ch. 1.A.3.b.i-iv	4
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.ii. Camiones para servicio ligero	1.A.3.b.ii.1. Camionetas		NH3, SO2	EMEP/EEA 2019. V. 1 Ch. 1.A.3.b.i-iv	1
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.iii. Camiones para servicio pesado y autobuses	1.A.3.b.iii.1. Buses		CO2, CH4, N2O	IPCC 2006. V. 2, Ch. 3	3.2.4
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.iii. Camiones para servicio pesado y autobuses	1.A.3.b.iii.1. Buses		CN, CO, COVDM, NOX, PM10, PM2.5,	EMEP/EEA 2019. V. 1 Ch. 1.A.3.b.i-iv	4
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.iii. Camiones para servicio pesado y autobuses	1.A.3.b.iii.1. Buses		NH3, SO2	EMEP/EEA 2019. V. 1 Ch. 1.A.3.b.i-iv	1
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.iii. Camiones para servicio pesado y autobuses	1.A.3.b.iii.2. Camiones y volquetas		CO2, CH4, N2O	IPCC 2006. V. 2, Ch. 3	3.2.4
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.iii. Camiones para servicio pesado y autobuses	1.A.3.b.iii.2. Camiones y volquetas		CN, CO, COVDM, NOX, PM10, PM2.5,	EMEP/EEA 2019. V. 1 Ch. 1.A.3.b.i-iv	4
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.iii. Camiones para servicio pesado y autobuses	1.A.3.b.iii.2. Camiones y volquetas		NH3, SO2	EMEP/EEA 2019. V. 1 Ch. 1.A.3.b.i-iv	1
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.iii. Camiones para servicio pesado y autobuses	1.A.3.b.iii.3. Tractocamiones		CO2, CH4, N2O	IPCC 2006. V. 2, Ch. 3	3.2.4
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.iii. Camiones para servicio pesado y autobuses	1.A.3.b.iii.3. Tractocamiones		CN, CO, COVDM, NOX, PM10, PM2.5,	EMEP/EEA 2019. V. 1 Ch. 1.A.3.b.i-iv	4
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.iii. Camiones para servicio pesado y autobuses	1.A.3.b.iii.3. Tractocamiones		NH3, SO2	EMEP/EEA 2019. V. 1 Ch. 1.A.3.b.i-iv	1
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.iv. Motocicletas	1.A.3.b.iv.1. Motos		CO2, CH4, N2O	IPCC 2006. V. 2, Ch. 3	3.2.4
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.iv. Motocicletas	1.A.3.b.iv.1. Motos		CN, CO, COVDM, NOX, PM10, PM2.5,	EMEP/EEA 2019. V. 1, Ch. 1.A.3.b.I-iv	4
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.iv. Motocicletas	1.A.3.b.iv.1. Motos		NH3, SO2	EMEP/EEA 2019. V. 1,	1

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría 4	Subcategoría5	Contaminante	Directriz o guía	No. Ecuación
								Ch. 1.A.3.b.I-iv	
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.v. Otros	1.A.3.b.v.1. Emisiones por evaporación procedentes de vehículos		COVDM	EMEP/EEA 2019. V. 1 Ch. 1.A.3.b.v	1
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.v. Otros	1.A.3.b.v.2. Desgaste de neumáticos y frenos		CN, PM10, PM2.5	EMEP/EEA 2019. V. 1 Ch. 1.A.3.b.vi-vii	1
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.v. Otros	1.A.3.b.v.3. Desgaste de vías		PM10, PM2.5	EMEP/EEA 2019. V. 1 Ch. 1.A.3.b.vi-vii	1
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.v. Otros	1.A.3.b.v.4. Otros		CO2, CH4, N2O	IPCC 2006. V. 2, Ch. 3	3.2.4
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.v. Otros	1.A.3.b.v.4. Otros		CN, CO, COVDM, NOX, PM10, PM2.5,	EMEP/EEA 2019. V. 1 Ch. 1.A.3.b.i-iv	4
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.v. Otros	1.A.3.b.v.4. Otros		NH3, SO2	EMEP/EEA 2019. V. 1, Ch. 1.A.3.b.i-iv	1
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.c. Ferrocarriles				CO2, CH4, N2O	IPCC 2006. V. 2, Ch. 3	3.4.2
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.c. Ferrocarriles				CN, CO, COVDM, NH3, NOX, PM10, PM2.5, SO2	EMEP/EEA 2019. V. 1, Ch. 1.A.3.c.	1
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.d. Navegación doméstica				CO2, CH4, N2O	IPCC 2006. V. 2, Ch. 3	3.5.1
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.d. Navegación doméstica				CN, CO, COVDM, NOX, PM10, PM2.5, SO2, SOX	EMEP/EEA 2019. V. 1, Ch. 1.A.3.c.	1
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.e. Otro transporte	1.A.3.e.i. Transporte por tubería			CO2, CH4, N2O	IPCC 2006. V. 2, Ch. 3	3.2.2
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.e. Otro transporte	1.A.3.e.i. Transporte por tubería			CN, CO, COVDM,	EMEP/EEA 2019. V. 1 Ch. 1.A.4	1

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría 4	Subcategoría5	Contaminante	Directriz o guía	No. Ecuación
							NOX, PM10, PM2.5, SOX		
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.4. Otros sectores	1.A.4.a. Comercial/institucional	1.A.4.a.i. Estacionaria			CO2, CH4, N2O	IPCC 2006. V. 2, Ch. 2	2.1
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.4. Otros sectores	1.A.4.a. Comercial/institucional	1.A.4.a.i. Estacionaria			CN, CO, COVDM, NOX, PM10, PM2.5, SOX	EMEP/EEA 2019. V. 1 Ch. 1.A.4	1
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.4. Otros sectores	1.A.4.b. Residencial	1.A.4.b.i. Estacionaria			CO2, CH4, N2O	IPCC 2006. V. 2, Ch. 2	2.1
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.4. Otros sectores	1.A.4.b. Residencial	1.A.4.b.i. Estacionaria			CN, CO, COVDM, NOX, PM10, PM2.5, SOX	EMEP/EEA 2019. V. 1 Ch. 1.A.4	1
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.4. Otros sectores	1.A.4.c. Agricultura/silvicultura/pesca	1.A.4.c.i. Estacionario			CO2, CH4, N2O	IPCC 2006. V. 2, Ch. 2	2.1
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.4. Otros sectores	1.A.4.c. Agricultura/silvicultura/pesca	1.A.4.c.i. Estacionario			CN, CO, COVDM, NOX, NH3, PM10, PM2.5, SOX	EMEP/EEA 2019. V. 1, Ch. 1.A.4	1
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.4. Otros sectores	1.A.4.c. Agricultura/silvicultura/pesca	1.A.4.c.ii. Móviles (Vehículos todoterreno y otra maquinaria)			CO2, CH4, N2O	IPCC 2006. V.2, Ch 2.	2.1
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.4. Otros sectores	1.A.4.c. Agricultura/silvicultura/pesca	1.A.4.c.ii. Móviles (Vehículos todoterreno y otra maquinaria)			CN, CO, COVDM, NOx, PM10, PM2.5, SO2, NH3	EMEP/EEA 2019. V.1, Ch 1A4	5
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.1. Combustibles sólidos	1.B.1.a. Minería carbonífera y manejo del carbón.	1.B.1.a.i Minas subterráneas	1.B.1.a.i.1. Minería		CO2, CH4	IPCC 2006. V.2, Ch 2.	4.1.3
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.1. Combustibles sólidos	1.B.1.a. Minería carbonífera y manejo del carbón.	1.B.1.a.i Minas subterráneas	1.B.1.a.i.1. Minería		COVDM, PM10, PM2.5	EMEP/EEA 2019. V. 1, Ch. 1.B.1.a	1
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.1. Combustibles sólidos	1.B.1.a. Minería carbonífera y manejo del carbón.	1.B.1.a.i Minas subterráneas	1.B.1.a.i.2. Emisiones posteriores a la minería		CO2, CH4	IPCC 2006. V.2, Ch 2.	4.1.3
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.1. Combustibles sólidos	1.B.1.a. Minería carbonífera y manejo del carbón.	1.B.1.a.i Minas subterráneas	1.B.1.a.i.2. Emisiones posteriores a la minería		COVDM, PM10, PM2.5	EMEP/EEA 2019. V. 1, Ch. 1.B.1.a	1

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría 4	Subcategoría5	Contaminante	Directriz o guía	No. Ecuación
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.1. Combustibles sólidos	1.B.1.a. Minería carbonífera y manejo del carbón.	1.B.1.a.ii. Minas de superficie	1.B.1.a.ii.1. Minería		CO2, CH4	IPCC 2006. V.2, Ch 2.	4.1.7
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.1. Combustibles sólidos	1.B.1.a. Minería carbonífera y manejo del carbón.	1.B.1.a.ii. Minas de superficie	1.B.1.a.ii.1. Minería		COVDM, PM10, PM2.5	EMEP/EEA 2019. V. 1, Ch. 1.B.1.a	1
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.1. Combustibles sólidos	1.B.1.a. Minería carbonífera y manejo del carbón.	1.B.1.a.ii. Minas de superficie	1.B.1.a.ii.2. Emisiones posteriores a la minería		CO2, CH4	IPCC 2006. V.2, Ch 2.	4.1.7
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.1. Combustibles sólidos	1.B.1.a. Minería carbonífera y manejo del carbón.	1.B.1.a.ii. Minas de superficie	1.B.1.a.ii.2. Emisiones posteriores a la minería		COVDM, PM10, PM2.5	EMEP/EEA 2019. V. 1, Ch. 1.B.1.a	1
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.1. Combustibles sólidos	1.B.1.b. Transformación de combustible	1.B.1.b.i. Producción de carbón vegetal y biocarbón			CN, CO, COVDM, NOx, PM10, PM2.5, SO2, NH3	EMEP/EEA 2019. V.1, Ch 1B1b	1
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	1.B.2.a. Petróleo	1.B.2.a.ii. Producción y modernización			CO2, CH4	Refinamiento 2019 IPCC 2006. V.2, Ch 4.	4.2.10 y Anexo 4A.2
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	1.B.2.a. Petróleo	1.B.2.a.ii. Producción y modernización			COVDM	EMEP/EEA 2019. V. 1, Ch. 1.B.1.a.I, 1.B.2.b	1
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	1.B.2.a. Petróleo	1.B.2.a.iii. Transporte			CO2, CH4	Refinamiento 2019 IPCC 2006. V.2, Ch 4.	4.2.11 y Anexo 4A.2
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	1.B.2.a. Petróleo	1.B.2.a.iii. Transporte			COVDM	EMEP/EEA 2019. V. 1, Ch. 1.B.1.a.I, 1.B.2.b	1

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría 4	Subcategoría5	Contaminante	Directriz o guía	No. Ecuación
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	1.B.2.a. Petróleo	1.B.2.a.iv. Refinamiento y almacenamiento			CO2, CH4, N2O	Refinamiento 2019 IPCC 2006. V.2, Ch 4.	4.2.1 y Anexo 4A.2
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	1.B.2.a. Petróleo	1.B.2.a.iv. Refinamiento y almacenamiento			CO, COVDM, NOX, PM10, PM2.5, SOX	EMEP/EEA 2019. V. 1, Ch. 1.B.2.a.iv	1
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	1.B.2.b. Gas natural	1.B.2.b.ii. Producción y recolección			CO2, CH4	Refinamiento 2019 IPCC 2006. V.2, Ch 4.	4.2.14 y Anexo 4A.2
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	1.B.2.b. Gas natural	1.B.2.b.ii. Producción y recolección			COVDM	EMEP/EEA 2019. V. 1, Ch. 1.B.1.a.I, 1.B.2.b	1
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	1.B.2.b. Gas natural	1.B.2.b.iii. Procesamiento			CO2, CH4	Refinamiento 2019 IPCC 2006. V.2, Ch 4.	4.2.15 y Anexo 4A.2
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	1.B.2.b. Gas natural	1.B.2.b.iii. Procesamiento			COVDM	EMEP/EEA 2019. V. 1, Ch. 1.B.1.a.I, 1.B.2.b	1
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la	1.B.2.b. Gas natural	1.B.2.b.iv. Transmisión y almacenamiento			CO2, CH4	Refinamiento 2019 IPCC 2006. V.2, Ch 4.	4.2.16 y Anexo 4A.2

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría 4	Subcategoría5	Contaminante	Directriz o guía	No. Ecuación
		producción de energía							
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	1.B.2.b. Gas natural	1.B.2.b.iv. Transmisión y almacenamiento			COVDM	EMEP/EEA 2019. V. 1, Ch. 1.B.1.a.I, 1.B.2.b	1
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	1.B.2.b. Gas natural	1.B.2.b.v. Distribución			CO2, CH4	Refinamiento 2019 IPCC 2006. V.2, Ch 4.	4.2.17 y Anexo 4A.2
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	1.B.2.b. Gas natural	1.B.2.b.v. Distribución			COVDM	EMEP/EEA 2019. V. 1, Ch. 1.B.1.a.I, 1.B.2.b	1
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	1.B.2.c. Venteo y quema en antorcha	1.B.2.c.i. Venteo	1.B.2.c.i.1. Petróleo		CO2, CH4	Refinamiento 2019 IPCC 2006. V.2, Ch 4.	4.2.1 y Anexo 4A.2
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	1.B.2.c. Venteo y quema en antorcha	1.B.2.c.i. Venteo	1.B.2.c.i.1. Petróleo		COVDM	EMEP/EEA 2019. V. 1, Ch. 1.B.2.c	1
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	1.B.2.c. Venteo y quema en antorcha	1.B.2.c.i. Venteo	1.B.2.c.i.2. Gas		CO2, CH4	Refinamiento 2019 IPCC 2006. V.2, Ch 4.	4.2.1 y Anexo 4A.2
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones	1.B.2.c. Venteo y quema en antorcha	1.B.2.c.i. Venteo	1.B.2.c.i.2. Gas		COVDM	EMEP/EEA 2019. V. 1, Ch. 1.B.2.c	1

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría 4	Subcategoría5	Contaminante	Directriz o guía	No. Ecuación
		derivadas de la producción de energía							
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	1.B.2.c. Venteo y quema en antorcha	1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	1.B.2.c.ii.1. Petróleo		CO2, CH4, N2O	Refinamiento 2019 IPCC 2006. V.2, Ch 4.	4.2.1 y Anexo 4A.2
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	1.B.2.c. Venteo y quema en antorcha	1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	1.B.2.c.ii.1. Petróleo		CO, COVDM, NOX, Sox	EMEP/EEA 2019. V. 1, Ch. 1.B.2.c	1
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	1.B.2.c. Venteo y quema en antorcha	1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	1.B.2.c.ii.2. Gas		CO2, CH4, N2O	Refinamiento 2019 IPCC 2006. V.2, Ch 4.	4.2.1 y Anexo 4A.2
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	1.B.2.c. Venteo y quema en antorcha	1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	1.B.2.c.ii.2. Gas		CO, COVDM, NOX, Sox	EMEP/EEA 2019. V. 1, Ch. 1.B.2.c	1
1. Energía	1.D. Aviación internacional y navegación internacional (bunkers internacionales) y operaciones multilaterales	1.D.1. Bunkers internacionales	1.D.1.a. Aviación internacional (Aviación Bunker)				CO2, CH4, N2O	IPCC 2006. V2 Ch 3.	3.6.1
1. Energía	1.D. Aviación internacional y navegación internacional (bunkers internacionales) y operaciones multilaterales	1.D.1. Bunkers internacionales	1.D.1.a. Aviación internacional (Aviación Bunker)				CN, CO, COVDM, NOx, PM10, PM2.5, Sox	EMEP/EEA 2019. V1 Ch 1A3a	1

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría 4	Subcategoría5	Contaminante	Directriz o guía	No. Ecuación
1. Energía	1.D. Aviación internacional y navegación internacional (bunkers internacionales) y operaciones multilaterales	1.D.1. Bunkers internacionales	1.D.1.b. Navegación Internacional (Navegación Bunker)				CO2, CH4, N2O	IPCC 2006. V. 2, Ch. 3	3.5.1
1. Energía	1.D. Aviación internacional y navegación internacional (bunkers internacionales) y operaciones multilaterales	1.D.1. Bunkers internacionales	1.D.1.b. Navegación Internacional (Navegación Bunker)				CN, CO, COVDM, NOX, PM10, PM2.5, SO2, SOX	EMEP/EEA 2019. V. 1 Ch. 1.A.3.c.	1
2. IPPU	2.A. Industria de los minerales	2.A.1. Producción de cemento					CO2	IPCC 2006. V. 3, Ch. 2	2.1
2. IPPU	2.A. Industria de los minerales	2.A.1. Producción de cemento					CN, PM10, PM2.5	EMEP/EEA 2019. V. 2 Ch. 2.A.1.	1
2. IPPU	2.A. Industria de los minerales	2.A.2. Producción de cal					CO2	IPCC 2006. V. 3, Ch. 2	2.6
2. IPPU	2.A. Industria de los minerales	2.A.2. Producción de cal					CN, PM10, PM2.5	EMEP/EEA 2019. V. 2 Ch. 2.A.2.	1
2. IPPU	2.A. Industria de los minerales	2.A.3. Producción de vidrio					CO2	IPCC 2006. V. 3, Ch. 2	2.11
2. IPPU	2.A. Industria de los minerales	2.A.3. Producción de vidrio					CN, PM10, PM2.5	EMEP/EEA 2019. V. 2 Ch. 2.A.3.	1
2. IPPU	2.A. Industria de los minerales	2.A.4. Otros usos industriales de los carbonatos	2.A.4.b. Otros usos de la ceniza de sosa				CO2	IPCC 2006. V. 3, Ch. 2	2.15
2. IPPU	2.A. Industria de los minerales	2.A.5. Otros	2.A.5.a. Cantería y minería de minerales diferentes al carbón				PM10, PM2.5	EMEP/EEA 2019. V. 2 Ch. 2.A.5.a	1
2. IPPU	2.A. Industria de los minerales	2.A.5. Otros	2.A.5.b. Construcción y demoliciones				PM10, PM2.5	EMEP/EEA 2019. V. 2 Ch. 2.A.5.b	1
2. IPPU	2.B. Industria química	2.B.1. Producción de amoníaco					CO2	IPCC 2006. V. 3, Ch. 3	3.1

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría 4	Subcategoría5	Contaminante	Directriz o guía	No. Ecuación
2. IPPU	2.B. Industria química	2.B.1. Producción de amoníaco					CO, NH3, NOX	EMEP/EEA 2019. V. 2 Ch. 2.B.	1
2. IPPU	2.B. Industria química	2.B.2. Producción de ácido nítrico					N2O	IPCC 2006. V. 3, Ch. 3	3.5
2. IPPU	2.B. Industria química	2.B.2. Producción de ácido nítrico					NOX	EMEP/EEA 2019. V. 2 Ch. 2.B.	1
2. IPPU	2.B. Industria química	2.B.4. Producción de caprolactama, glioxal y ácido glioxílico	2.B.4.a. Caprolactama				N2O	IPCC 2006. V. 3, Ch. 3	3.9
2. IPPU	2.B. Industria química	2.B.8. Producción petroquímica y de negro de humo	2.B.8.b. Etileno				CO2	IPCC 2006. V. 3, Ch. 3	3.15
2. IPPU	2.B. Industria química	2.B.8. Producción petroquímica y de negro de humo	2.B.8.b. Etileno				CH4	IPCC 2006. V. 3, Ch. 3	3.5
2. IPPU	2.B. Industria química	2.B.8. Producción petroquímica y de negro de humo	2.B.8.b. Etileno				COVDM	EMEP/EEA 2019. V. 2 Ch. 2.B.	1
2. IPPU	2.B. Industria química	2.B.8. Producción petroquímica y de negro de humo	2.B.8.c. Dicloruro de etileno y monómero de cloruro de vinilo				CO2	IPCC 2006. V. 3, Ch. 3	3.15
2. IPPU	2.B. Industria química	2.B.8. Producción petroquímica y de negro de humo	2.B.8.c. Dicloruro de etileno y monómero de cloruro de vinilo				CH4	IPCC 2006. V. 3, Ch. 3	3.5
2. IPPU	2.B. Industria química	2.B.8. Producción petroquímica y de negro de humo	2.B.8.c. Dicloruro de etileno y monómero de cloruro de vinilo				COVDM, PM10, PM2.5	EMEP/EEA 2019. V. 2 Ch. 2.B.	1
2. IPPU	2.B. Industria química	2.B.8. Producción petroquímica	2.B.8.f. Negro de humo				CO2	IPCC 2006. V. 3, Ch. 3	3.15

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría 4	Subcategoría5	Contaminante	Directriz o guía	No. Ecuación
		y de negro de humo							
2. IPPU	2.B. Industria química	2.B.8. Producción petroquímica y de negro de humo	2.B.8.f. Negro de humo				CH4	IPCC 2006. V. 3, Ch. 3	3.5
2. IPPU	2.B. Industria química	2.B.8. Producción petroquímica y de negro de humo	2.B.8.f. Negro de humo				CN, CO, COVDM, NOx, PM10, PM2.5, SOX	EMEP/EEA 2019. V. 2 Ch. 2.B.	1
2. IPPU	2.B. Industria química	2.B.11. Otros	2.B.11.a. Polietileno				COVDM	EMEP/EEA 2019. V. 2 Ch. 2.B.	1
2. IPPU	2.B. Industria química	2.B.11. Otros	2.B.11.b. Poliestireno				COVDM	EMEP/EEA 2019. V. 2 Ch. 2.B.	1
2. IPPU	2.B. Industria química	2.B.11. Otros	2.B.11.c. Polipropileno				COVDM	EMEP/EEA 2019. V. 2 Ch. 2.B.	1
2. IPPU	2.B. Industria química	2.B.11. Otros	2.B.11.d. Formaldehído				CO, COVDM	EMEP/EEA 2019. V. 2 Ch. 2.B.	1
2. IPPU	2.B. Industria química	2.B.11. Otros	2.B.11.e. Ácido sulfúrico				SOX	EMEP/EEA 2019. V. 2 Ch. 2.B.	1
2. IPPU	2.B. Industria química	2.B.11. Otros	2.B.11.f. Anhidro ftálico				COVDM	EMEP/EEA 2019. V. 2 Ch. 2.B.	1
2. IPPU	2.C. Industria de los metales	2.C.1. Producción de hierro y acero	2.C.1.a. Acero				CO2	IPCC 2006. V. 3, Ch. 4	4.4
2. IPPU	2.C. Industria de los metales	2.C.1. Producción de hierro y acero	2.C.1.a. Acero				CN, CO, COVDM, NOX, PM10, PM2.5, SO2	EMEP/EEA 2019. V. 2 Ch. 2.C.1.	1
2. IPPU	2.C. Industria de los metales	2.C.1. Producción de hierro y acero	2.C.1.b. Fundición en bruto (Arrabio)				CN, PM10, PM2.5	EMEP/EEA 2019. V. 2 Ch. 2.C.1.	1
2. IPPU	2.C. Industria de los metales	2.C.1. Producción de hierro y acero	2.C.1.d. Sinterizado				CO2	IPCC 2006. V. 3, Ch. 4	4.7
2. IPPU	2.C. Industria de los metales	2.C.1. Producción de hierro y acero	2.C.1.d. Sinterizado				CH4	IPCC 2006. V. 3, Ch. 4	4.12

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría 4	Subcategoría5	Contaminante	Directriz o guía	No. Ecuación
2. IPPU	2.C. Industria de los metales	2.C.1. Producción de hierro y acero	2.C.1.d. Sinterizado				CN, COVDM, PM10, PM2.5	EMEP/EEA 2019. V. 2 Ch. 2.C.1.	1
2. IPPU	2.C. Industria de los metales	2.C.2. Producción de ferroaleaciones					CO2	IPCC 2006. V. 3, Ch. 4	4.15
2. IPPU	2.C. Industria de los metales	2.C.2. Producción de ferroaleaciones					CN, PM10, PM2.5	EMEP/EEA 2019. V. 2 Ch. 2.C.2.	1
2. IPPU	2.C. Industria de los metales	2.C.5. Producción de plomo					CO2	IPCC 2006. V. 3, Ch. 4	4.32
2. IPPU	2.C. Industria de los metales	2.C.5. Producción de plomo					PM10, PM2.5, SOX	EMEP/EEA 2019. V. 2 Ch. 2.C.5.	1
2. IPPU	2.D. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente	2.D.1. Uso de lubricantes					CO2	IPCC 2006. V. 3, Ch. 5	5.2
2. IPPU	2.D. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente	2.D.2. Uso de cera de parafina					CO2	IPCC 2006. V. 3, Ch. 5	5.4
2. IPPU	2.D. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente	2.D.3. Otros	2.D.3.a. Otros	2.D.3.a.i. Uso de disolventes			COVDM	EMEP/EEA 2019. V. 2 Ch. 2.D.3.a.	1
2. IPPU	2.D. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente	2.D.3. Otros	2.D.3.a. Otros	2.D.3.a.iv. Otros	2.D.3.a.iv.2. Desengrasantes		COVDM	EMEP/EEA 2019. V. 2 Ch. 2.D.3.a.	1
2. IPPU	2.D. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente	2.D.3. Otros	2.D.3.a. Otros	2.D.3.a.iv. Otros	2.D.3.a.iv.5. Impresión		COVDM	EMEP/EEA 2019. V. 2 Ch. 2.D.3.a.	1
2. IPPU	2.D. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente	2.D.3. Otros	2.D.3.a. Otros	2.D.3.a.iv. Otros	2.D.3.a.iv.6. Otros usos de solventes y de productos		COVDM	EMEP/EEA 2019. V. 2 Ch. 2.D.3.a.	1

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría 4	Subcategoría5	Contaminante	Directriz o guía	No. Ecuación
2. IPPU	2.F. Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO)	2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	2.F.1.a. Refrigeración comercial				HFC-125, HFC-134a, HFC-143a, HFC-32	IPCC 2006. V. 3, Ch. 7	7.2B
2. IPPU	2.F. Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO)	2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	2.F.1.b. Refrigeración doméstica				HFC-125, HFC-134a, HFC-32, PFC-218	IPCC 2006. V. 3, Ch. 7	7.2B
2. IPPU	2.F. Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO)	2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	2.F.1.c. Refrigeración industrial				HFC-125, HFC-134a, HFC-143a, HFC-23, HFC-236fa, HFC-32, PFC-14, R-116 / PFC-116	IPCC 2006. V. 3, Ch. 7	7.2B
2. IPPU	2.F. Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO)	2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	2.F.1.d. Transporte refrigerado				HFC-125, HFC-134a, HFC-143a, HFC-32	IPCC 2006. V. 3, Ch. 7	7.2B
2. IPPU	2.F. Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO)	2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	2.F.1.e. Aire acondicionado móvil				HFC-134a	IPCC 2006. V. 3, Ch. 7	7.2B
2. IPPU	2.F. Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO)	2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	2.F.1.f. Aire acondicionado estacionario				HFC-125, HFC-134a, HFC-32	IPCC 2006. V. 3, Ch. 7	7.2B
2. IPPU	2.F. Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la	2.F.2. Agentes espumantes	2.F.2.b. Celdas abiertas				HFC-227ea, HFC-245fa, HFC-365mfc	IPCC 2006. V. 3, Ch. 7	7.8

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría 4	Subcategoría5	Contaminante	Directriz o guía	No. Ecuación
	capa de ozono (SAO)								
2. IPPU	2.F. Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO)	2.F.3. Protección contra incendios					HFC-125, HFC-227ea, HFC-236fa	IPCC 2006. V. 3, Ch. 7	7.17
2. IPPU	2.F. Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO)	2.F.4. Aerosoles	2.F.4.a. Inhaladores dosificadores				HFC-134a	IPCC 2006. V. 3, Ch. 7	7.6
2. IPPU	2.F. Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO)	2.F.4. Aerosoles	2.F.4.b. Otros				HFC-134a, HFC-245fa, HFC-365mfc, HFC-4310mee	IPCC 2006. V. 3, Ch. 7	7.6
2. IPPU	2.F. Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO)	2.F.5. Solventes					HFC-134a	IPCC 2006. V. 3, Ch. 7	7.5
2. IPPU	2.F. Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO)	2.F.6. Otras aplicaciones	2.F.6.a. Emisivo				HFC-152a	IPCC 2006. V. 3, Ch. 7	7.18
2. IPPU	2.G. Manufactura y utilización de otros productos	2.G.1. Equipos electrónicos					SF6	IPCC 2006. V. 3, Ch. 8	8.1
2. IPPU	2.H. Otros	2.H.1. Industria de pulpa y papel					CN, CO, COVDM, NOX, PM10, PM2.5, SO2	EMEP/EEA 2019. V. 2 Ch. 2.H.1.	1

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría 4	Subcategoría5	Contaminante	Directriz o guía	No. Ecuación
2. IPPU	2.H. Otros	2.H.2. Industria de la alimentación y las bebidas					COVDM	EMEP/EEA 2019. V. 2 Ch. 2.H.2.	1
3. Agricultura	3.A. Fermentación entérica	3.A.1. Bovinos	3.A.1.a. Otro	3.A.1.a.iv. Otros	3.A.1.a.iv.1. Vacas de alta producción		CH4	IPCC, 2019. V4. Ch10.	10.19
3. Agricultura	3.A. Fermentación entérica	3.A.1. Bovinos	3.A.1.a. Otro	3.A.1.a.iv. Otros	3.A.1.a.iv.2. Vacas de baja producción		CH4	IPCC, 2019. V4. Ch10.	10.19
3. Agricultura	3.A. Fermentación entérica	3.A.1. Bovinos	3.A.1.a. Otro	3.A.1.a.iv. Otros	3.A.1.a.iv.3. Vacas para producción de carne		CH4	IPCC, 2019. V4. Ch10.	10.19
3. Agricultura	3.A. Fermentación entérica	3.A.1. Bovinos	3.A.1.a. Otro	3.A.1.a.iv. Otros	3.A.1.a.iv.4. Toros utilizados con fines reproductivos		CH4	IPCC, 2019. V4. Ch10.	10.19
3. Agricultura	3.A. Fermentación entérica	3.A.1. Bovinos	3.A.1.a. Otro	3.A.1.a.iv. Otros	3.A.1.a.iv.5. Terneros pre-destetos		CH4	IPCC, 2019. V4. Ch10.	10.19
3. Agricultura	3.A. Fermentación entérica	3.A.1. Bovinos	3.A.1.a. Otro	3.A.1.a.iv. Otros	3.A.1.a.iv.6. Novillas de reemplazo		CH4	IPCC, 2019. V4. Ch10.	10.19
3. Agricultura	3.A. Fermentación entérica	3.A.1. Bovinos	3.A.1.a. Otro	3.A.1.a.iv. Otros	3.A.1.a.iv.7. Ganado de engorde		CH4	IPCC, 2019. V4. Ch10.	10.19
3. Agricultura	3.A. Fermentación entérica	3.A.2. Ovinos	3.A.2.a. Otro	3.A.2.a.i. Ovinos			CH4	IPCC, 2019. V4. Ch10.	10.19
3. Agricultura	3.A. Fermentación entérica	3.A.3. Porcinos	3.A.3.a. Otro	3.A.3.a.i. Porcinos < 6 meses			CH4	IPCC, 2019. V4. Ch10.	10.19
3. Agricultura	3.A. Fermentación entérica	3.A.3. Porcinos	3.A.3.a. Otro	3.A.3.a.ii. Porcinos > 6 meses			CH4	IPCC, 2019. V4. Ch10.	10.19
3. Agricultura	3.A. Fermentación entérica	3.A.3. Porcinos	3.A.3.a. Otro	3.A.3.a.iii. Porcinos baja productividad			CH4	IPCC, 2019. V4. Ch10.	10.19
3. Agricultura	3.A. Fermentación entérica	3.A.4. Otro ganado	3.A.4.a. Búfalos				CH4	IPCC, 2019. V4. Ch10.	10.19
3. Agricultura	3.A. Fermentación entérica	3.A.4. Otro ganado	3.A.4.d. Caprinos				CH4	IPCC, 2019. V4. Ch10.	10.19

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría 4	Subcategoría5	Contaminante	Directriz o guía	No. Ecuación
3. Agricultura	3.A. Fermentación entérica	3.A.4. Otro ganado	3.A.4.e. Caballos				CH4	IPCC, 2019. V4. Ch10.	10.19
3. Agricultura	3.A. Fermentación entérica	3.A.4. Otro ganado	3.A.4.f. Mulas y asnos				CH4	IPCC, 2019. V4. Ch10.	10.19
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.1. Bovinos	3.B.1.a. Otro	3.B.1.a.iv. Otros	3.B.1.a.iv.1. Vacas de alta Producción		"CH4 N2O NH3; NOx; COVDM; PM10; PM2.5"	"IPCC, 2019. V 4. Ch 10 EMEP/EEA, 2023. Part B, 3B"	"10.22 10.25 1"
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.1. Bovinos	3.B.1.a. Otro	3.B.1.a.iv. Otros	3.B.1.a.iv.2. Vacas de baja Producción		"CH4 N2O NH3; NOx; COVDM; PM10; PM2.5"	"IPCC, 2019. V 4. Ch 10 EMEP/EEA, 2023. Part B, 3B"	"10.22 10.25 1"
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.1. Bovinos	3.B.1.a. Otro	3.B.1.a.iv. Otros	3.B.1.a.iv.3. Vacas para producción de carne		"CH4 N2O NH3; NOx; COVDM; PM10; PM2.5"	"IPCC, 2019. V 4. Ch 10 EMEP/EEA, 2023. Part B, 3B"	"10.22 10.25 1"
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.1. Bovinos	3.B.1.a. Otro	3.B.1.a.iv. Otros	3.B.1.a.iv.4. Toros utilizados con fines reproductivos		"CH4 N2O NH3; NOx; COVDM; PM10; PM2.5"	"IPCC, 2019. V 4. Ch 10 EMEP/EEA, 2023. Part B, 3B"	"10.22 10.25 1"
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.1. Bovinos	3.B.1.a. Otro	3.B.1.a.iv. Otros	3.B.1.a.iv.5. Terneros pre-destetos		"CH4 N2O NH3; NOx; COVDM; PM10; PM2.5"	"IPCC, 2019. V 4. Ch 10 EMEP/EEA, 2023. Part B, 3B"	"10.22 10.25 1"
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.1. Bovinos	3.B.1.a. Otro	3.B.1.a.iv. Otros	3.B.1.a.iv.6. Novillas de reemplazo		"CH4 N2O NH3; NOx; COVDM; PM10; PM2.5"	"IPCC, 2019. V 4. Ch 10 EMEP/EEA, 2023. Part B, 3B"	"10.22 10.25 1"
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.1. Bovinos	3.B.1.a. Otro	3.B.1.a.iv. Otros	3.B.1.a.iv.7. Ganado de engorde		"CH4 N2O NH3; NOx; COVDM; PM10; PM2.5"	"IPCC, 2019. V 4. Ch 10 EMEP/EEA, 2023. Part B, 3B"	"10.22 10.25 1"
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.2. Ovinos	3.B.2.a. Otro	3.B.2.a.i. Ovinos			"CH4 N2O NH3; NOx; COVDM; PM10; PM2.5"	"IPCC, 2019. V 4. Ch 10 EMEP/EEA, 2023. Part B, 3B"	"10.22 10.25 1"

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría 4	Subcategoría5	Contaminante	Directriz o guía	No. Ecuación
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.3. Porcinos	3.B.3.a. Otro	3.B.3.a.i. Porcinos < 6 meses			"CH4 N2O NH3; NOx; COVDM; PM10; PM2.5"	"IPCC, 2019. V 4. Ch 10 EMEP/EEA, 2023. Part B, 3B"	"10.22 10.25 1"
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.3. Porcinos	3.B.3.a. Otro	3.B.3.a.ii. Porcinos > 6 meses			"CH4 N2O NH3; NOx; COVDM; PM10; PM2.5"	"IPCC, 2019. V 4. Ch 10 EMEP/EEA, 2023. Part B, 3B"	"10.22 10.25 1"
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.3. Porcinos	3.B.3.a. Otro	3.B.3.a.iii. Porcinos baja productividad			"CH4 N2O NH3; NOx; COVDM; PM10; PM2.5"	"IPCC, 2019. V 4. Ch 10 EMEP/EEA, 2023. Part B, 3B"	"10.22 10.25 1"
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.4. Otro ganado	3.B.4.a. Búfalos				"CH4 N2O NH3; NOx; COVDM; PM10; PM2.5"	"IPCC, 2019. V 4. Ch 10 EMEP/EEA, 2023. Part B, 3B"	"10.22 10.25 1"
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.4. Otro ganado	3.B.4.d. Caprinos				"CH4 N2O NH3; NOx; COVDM; PM10; PM2.5"	"IPCC, 2019. V 4. Ch 10 EMEP/EEA, 2023. Part B, 3B"	"10.22 10.25 1"
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.4. Otro ganado	3.B.4.e. Caballos				"CH4 N2O NH3; NOx; COVDM; PM10; PM2.5"	"IPCC, 2019. V 4. Ch 10 EMEP/EEA, 2023. Part B, 3B"	"10.22 10.25 1"
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.4. Otro ganado	3.B.4.f. Mulas y asnos				"CH4 N2O NH3; NOx; COVDM; PM10; PM2.5"	"IPCC, 2019. V 4. Ch 10 EMEP/EEA, 2023. Part B, 3B"	"10.22 10.25 1"
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.4. Otro ganado	3.B.4.g. Aves de corral				"CH4 N2O NH3; NOx; COVDM; PM10; PM2.5"	"IPCC, 2019. V 4. Ch 10 EMEP/EEA, 2023. Part B, 3B"	"10.22 10.25 1"
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.4. Otro ganado	3.B.4.h. Otro	3.B.4.h.v. Otro	3.B.4.h.v.1. Ponedoras		"CH4 N2O"	IPCC, 2019. V 4. Ch 10	"10.22 10.25"
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.4. Otro ganado	3.B.4.h. Otro	3.B.4.h.v. Otro	3.B.4.h.v.2. Pollos de engorde		"CH4 N2O"	IPCC, 2019. V 4. Ch 10	"10.22 10.25"

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría 4	Subcategoría5	Contaminante	Directriz o guía	No. Ecuación
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.5. Emisiones indirectas de N2O de gestión de estiércol	3.B.5.a. Bovinos	3.B.5.a.i. Vacas de Alta Producción			N2O	IPCC, 2019. V 4. Ch 10	10.28
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.5. Emisiones indirectas de N2O de gestión de estiércol	3.B.5.a. Bovinos	3.B.5.a.ii. Vacas de Baja Producción			N2O	IPCC, 2019. V 4. Ch 10	10.28
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.5. Emisiones indirectas de N2O de gestión de estiércol	3.B.5.a. Bovinos	3.B.5.a.iii. Vacas para producción de carne			N2O	IPCC, 2019. V 4. Ch 10	10.28
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.5. Emisiones indirectas de N2O de gestión de estiércol	3.B.5.a. Bovinos	3.B.5.a.iv. Toros utilizados con fines reproductivos			N2O	IPCC, 2019. V 4. Ch 10	10.28
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.5. Emisiones indirectas de N2O de gestión de estiércol	3.B.5.a. Bovinos	3.B.5.a.v. Terneros pre-destetos			N2O	IPCC, 2019. V 4. Ch 10	10.28
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.5. Emisiones indirectas de N2O de gestión de estiércol	3.B.5.a. Bovinos	3.B.5.a.vi. Novillas de reemplazo			N2O	IPCC, 2019. V 4. Ch 10	10.28
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.5. Emisiones indirectas de N2O de gestión de estiércol	3.B.5.a. Bovinos	3.B.5.a.vii. Ganado de engorde			N2O	IPCC, 2019. V 4. Ch 10	10.28
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.5. Emisiones indirectas de N2O de gestión de estiércol	3.B.5.b. Ovinos				N2O	IPCC, 2019. V 4. Ch 10	10.28

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría 4	Subcategoría5	Contaminante	Directriz o guía	No. Ecuación
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.5. Emisiones indirectas de N2O de gestión de estiércol	3.B.5.c. Porcinos	3.B.5.c.i. Porcinos < 6 meses			N2O	IPCC, 2019. V 4. Ch 10	10.28
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.5. Emisiones indirectas de N2O de gestión de estiércol	3.B.5.c. Porcinos	3.B.5.c.ii. Porcinos > 6 meses			N2O	IPCC, 2019. V 4. Ch 10	10.28
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.5. Emisiones indirectas de N2O de gestión de estiércol	3.B.5.c. Porcinos	3.B.5.c.iii. Porcinos baja productividad			N2O	IPCC, 2019. V 4. Ch 10	10.28
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.5. Emisiones indirectas de N2O de gestión de estiércol	3.B.5.d. Otro Ganado	3.B.5.d.i. Búfalos			N2O	IPCC, 2019. V 4. Ch 10	10.28
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.5. Emisiones indirectas de N2O de gestión de estiércol	3.B.5.d. Otro Ganado	3.B.5.d.ii. Caprinos			N2O	IPCC, 2019. V 4. Ch 10	10.28
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.5. Emisiones indirectas de N2O de gestión de estiércol	3.B.5.d. Otro Ganado	3.B.5.d.iii. Caballos			N2O	IPCC, 2019. V 4. Ch 10	10.28
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.5. Emisiones indirectas de N2O de gestión de estiércol	3.B.5.d. Otro Ganado	3.B.5.d.iv. Mulas y asnos			N2O	IPCC, 2019. V 4. Ch 10	10.28
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.5. Emisiones indirectas de N2O de gestión de estiércol	3.B.5.d. Otro Ganado	3.B.5.d.v. Aves de corral	3.B.5.d.v.1. Ponedoras		N2O	IPCC, 2019. V 4. Ch 10	10.28

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría 4	Subcategoría5	Contaminante	Directriz o guía	No. Ecuación
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.5. Emisiones indirectas de N2O de gestión de estiércol	3.B.5.d. Otro Ganado	3.B.5.d.v. Aves de corral	3.B.5.d.v.2. Pollo de engorde		N2O	IPCC, 2019. V 4. Ch 10	10.28
3. Agricultura	3.C. Cultivo de arroz	3.C.1. Arroz riego	3.C.1.a. Continuamente inundado				CH4	IPCC, 2006. V 4. Ch 11	5.1
3. Agricultura	3.C. Cultivo de arroz	3.C.1. Arroz riego	3.C.1.b. Inundado intermitentemente	3.C.1.b.i. Aireación simple			CH4	IPCC, 2006. V 4. Ch 11	5.1
3. Agricultura	3.C. Cultivo de arroz	3.C.1. Arroz riego	3.C.1.b. Inundado intermitentemente	3.C.1.b.ii. Aireación múltiple			CH4	IPCC, 2006. V 4. Ch 11	5.1
3. Agricultura	3.C. Cultivo de arroz	3.C.2. Arroz secano	3.C.2.b. Propenso a la sequía				CH4	IPCC, 2006. V 4. Ch 11	5.1
3. Agricultura	3.D. Suelos agrícolas	3.D.1 Emisiones directas de N2O de suelos gestionados	3.D.1.a. Fertilizantes N inorgánicos				N2O	IPCC, 2006. V 4. Ch 11	11.1
3. Agricultura	3.D. Suelos agrícolas	3.D.1 Emisiones directas de N2O de suelos gestionados	3.D.1.b. Fertilizantes orgánicos N	3.D.1.b.i. Estiércol animal aplicado a los suelos			N2O	IPCC, 2006. V 4. Ch 11	11.1
3. Agricultura	3.D. Suelos agrícolas	3.D.1 Emisiones directas de N2O de suelos gestionados	3.D.1.c. Orina y estiércol depositado por animales en pastoreo				N2O	IPCC, 2006. V 4. Ch 11	11.5
3. Agricultura	3.D. Suelos agrícolas	3.D.1 Emisiones directas de N2O de suelos gestionados	3.D.1.d. Residuos de cosecha				N2O	IPCC, 2006. V 4. Ch 11	11.6
3. Agricultura	3.D. Suelos agrícolas	3.D.1 Emisiones directas de N2O de suelos gestionados	3.D.1.e. Mineralización/inmovilización asociada a pérdida/ganancia de materia orgánica del suelo				N2O	IPCC, 2006. V 4. Ch 11	11.8
3. Agricultura	3.D. Suelos agrícolas	3.D.1 Emisiones directas de	3.D.1.f. Cultivo de suelos orgánicos (Histosoles)				N2O	IPCC, 2006. V 4. Ch 11	11.8

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría 4	Subcategoría5	Contaminante	Directriz o guía	No. Ecuación
		N2O de suelos gestionados							
3. Agricultura	3.D. Suelos agrícolas	3.D.1 Emisiones directas de N2O de suelos gestionados	3.D.1.g. Otro	3.D.1.g.i. Operaciones agrícolas			PM10; PM2.5	EMEP/EEA, 2023. Part B, 3D	1
3. Agricultura	3.D. Suelos agrícolas	3.D.1 Emisiones directas de N2O de suelos gestionados	3.D.1.g. Otro	3.D.1.g.ii. Cultivos en pie			COVDM	EMEP/EEA, 2023. Part B, 3D	1
3. Agricultura	3.D. Suelos agrícolas	3.D.2. Emisiones indirectas de N2O de suelos gestionados	3.D.2.a. Deposición atmosférica	3.D.2.a.i. Deposición atmosférica - Fertilizantes N inorgánicos			N2O	IPCC, 2006. V 4. Ch 11	11.9
3. Agricultura	3.D. Suelos agrícolas	3.D.2. Emisiones indirectas de N2O de suelos gestionados	3.D.2.a. Deposición atmosférica	3.D.2.a.ii. Deposición atmosférica - Fertilizantes N orgánicos			N2O	IPCC, 2006. V 4. Ch 11	11.9
3. Agricultura	3.D. Suelos agrícolas	3.D.2. Emisiones indirectas de N2O de suelos gestionados	3.D.2.a. Deposición atmosférica	3.D.2.a.iii. Deposición atmosférica - Orina y estiércol de animales en pastoreo			N2O	IPCC, 2006. V 4. Ch 11	11.9
3. Agricultura	3.D. Suelos agrícolas	3.D.2. Emisiones indirectas de N2O de suelos gestionados	3.D.2.b. Lixiviación y escorrentía de nitrógeno	3.D.2.b.i. Lixiviación y escorrentía Fertilizantes N inorgánicos			N2O	IPCC, 2006. V 4. Ch 11	11.10
3. Agricultura	3.D. Suelos agrícolas	3.D.2. Emisiones indirectas de N2O de suelos gestionados	3.D.2.b. Lixiviación y escorrentía de nitrógeno	3.D.2.b.ii. Lixiviación y escorrentía Fertilizantes N orgánicos			N2O	IPCC, 2006. V 4. Ch 11	11.10
3. Agricultura	3.D. Suelos agrícolas	3.D.2. Emisiones indirectas de N2O de suelos gestionados	3.D.2.b. Lixiviación y escorrentía de nitrógeno	3.D.2.b.iii. Lixiviación y escorrentía Residuos de cosecha			N2O	IPCC, 2006. V 4. Ch 11	11.10
3. Agricultura	3.D. Suelos agrícolas	3.D.2. Emisiones indirectas de N2O de suelos gestionados		3.D.2.b.iv. Lixiviación y escorrentía Mineralización/inmovilización asociada a pérdida/ganancia de			N2O	IPCC, 2006. V 4. Ch 11	11.10

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría 4	Subcategoría5	Contaminante	Directriz o guía	No. Ecuación
				materia orgánica del suelo					
3. Agricultura	3.D. Suelos agrícolas	3.D.2. Emisiones indirectas de N2O de suelos gestionados		3.D.2.b.v. Lixiviación y escorrentía - Orina y estiércol de animales en pastoreo			N2O	IPCC, 2006. V 4. Ch 11	11.10
3. Agricultura	3.F. Quema de residuos agrícolas en el campo	3.F.1. Cereales	3.F.1.c. Maíz				"CH4 N2O CN; CO; SOx; NOx; NH3; COVDM; PM10; PM2.5"	"IPCC, 2006. EMEP/EEA, 2023. Part B, 3B"	"2.27. 1."
3. Agricultura	3.F. Quema de residuos agrícolas en el campo	3.F.1. Cereales	3.F.1.d. Otros (especifique)				"CH4 N2O CN; CO; SOx; NOx; NH3; COVDM; PM10; PM2.5"	"IPCC, 2006. EMEP/EEA, 2023. Part B, 3B"	"2.27. 1."
3. Agricultura	3.F. Quema de residuos agrícolas en el campo	3.F.4. Caña de azúcar					"CH4 N2O CN; CO; SOx; NOx; NH3; COVDM; PM10; PM2.5"	"IPCC, 2006. EMEP/EEA, 2023. Part B, 3B"	"2.27. 1."
3. Agricultura	3.F. Quema de residuos agrícolas en el campo	3.F.5. Otros					"CH4 N2O CN; CO; SOx; NOx; NH3; COVDM; PM10; PM2.5"	"IPCC, 2006. EMEP/EEA, 2023. Part B, 3B"	"2.27. 1."
3. Agricultura	3.G. Encalado	3.G.2. Dolomita CaMg(CO3)2					CO2	IPCC, 2019. V4. Ch11.	11.12.
3. Agricultura	3.H. Aplicación de urea						CO2	IPCC, 2019. V4. Ch11.	11.13.
4. LULUCF	4.A. Tierras forestales	4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	4.A.1.a. Tierras forestales que permanecen como tales (Consumo de leña)				CO2	IPCC, 2006. V. 4. Ch.2	2.7, 2.10, 2.12, 2.13
4. LULUCF	4.A. Tierras forestales	4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	4.A.1.b. Tierras forestales que permanecen como tales (Degradación)				CO2	IPCC, 2006. V. 4. Ch.2	2,16, 2,25
4. LULUCF	4.A. Tierras forestales	4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	4.A.1.c. Tierras forestales que permanecen como tales (Conversión de bosque natural a tierras forestales)				CO2	IPCC, 2006. V. 4. Ch.2	2,16,218, 2,25

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría 4	Subcategoría5	Contaminante	Directriz o guía	No. Ecuación
4. LULUCF	4.A. Tierras forestales	4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	4.A.1.d. Tierras forestales que permanecen como tales (Plantaciones forestales comerciales)				CO2	IPCC, 2006. V. 4. Ch.2	2.7, 2.9,2.10
4. LULUCF	4.A. Tierras forestales	4.A.2. Tierras convertidas a tierras forestales	4.A.2.a. Cultivos convertidos en tierras forestales				CO2	IPCC, 2006. V. 4. Ch.2	2.15, 2.16, 2.18, 2.25
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.a. Cultivo de café				CO2	IPCC, 2006. V. 4. Ch.2	2.7
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.a. Cultivo de café				CO2	IPCC, 2006. V. 4. Ch.2	2.9, 2.10
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.b. Palma de aceite				CO2	IPCC, 2006. V. 4. Ch.2	2.7
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.b. Palma de aceite				CO2	IPCC, 2006. V. 4. Ch.2	2.9, 2.10
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.c. Cacao				CO2	IPCC, 2006. V. 4. Ch.2	2.7
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.c. Cacao				CO2	IPCC, 2006. V. 4. Ch.2	2.9, 2.10
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.c. Cacao				CO2	IPCC, 2006. V. 4. Ch.2	2.18
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.c. Cacao				CO2	IPCC, 2006. V. 4. Ch.2	2.25
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.d. Aguacate				CO2	IPCC, 2006. V. 4. Ch.2	2.7
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que	4.B.1.d. Aguacate				CO2	IPCC, 2006. V. 4. Ch.2	2.9, 2.10

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría 4	Subcategoría5	Contaminante	Directriz o guía	No. Ecuación
		permanecen como tales							
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.e. Caucho				CO2	IPCC, 2006. V. 4. Ch.2	2.7
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.e. Caucho				CO2	IPCC, 2006. V. 4. Ch.2	2.9, 2.10
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.f. Mango				CO2	IPCC, 2006. V. 4. Ch.2	2.7
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.f. Mango				CO2	IPCC, 2006. V. 4. Ch.2	2.9, 2.10
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.g. Limón				CO2	IPCC, 2006. V. 4. Ch.2	2.7
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.g. Limón				CO2	IPCC, 2006. V. 4. Ch.2	2.9, 2.10
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.h. Mandarina				CO2	IPCC, 2006. V. 4. Ch.2	2.7
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.h. Mandarina				CO2	IPCC, 2006. V. 4. Ch.2	2.9, 2.10
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.i. Naranja				CO2	IPCC, 2006. V. 4. Ch.2	2.7
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.i. Naranja				CO2	IPCC, 2006. V. 4. Ch.2	2.9, 2.10
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.j. Tangelo				CO2	IPCC, 2006. V. 4. Ch.2	2.7

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría 4	Subcategoría5	Contaminante	Directriz o guía	No. Ecuación
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.j. Tangelo				CO2	IPCC, 2006. V. 4. Ch.2	2.9, 2.10
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.k. Marañón				CO2	IPCC, 2006. V. 4. Ch.2	2.7
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.k. Marañón				CO2	IPCC, 2006. V. 4. Ch.2	2.9, 2.10
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.k. Marañón				CO2	IPCC, 2006. V. 4. Ch.2	2.25
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.l. Otro				CO2	IPCC, 2006. V. 4. Ch.2	2.7
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.l. Otro				CO2	IPCC, 2006. V. 4. Ch.2	2.9, 2.10
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.l. Otro				CO2	IPCC, 2006. V. 4. Ch.2	2.25
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.l. Otro				CO2	IPCC, 2006. V. 4. Ch.2	2.26
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.2. Tierras convertidas a tierras de cultivo	4.B.2.a. Tierras forestales convertidas a tierras de cultivo				CO2	IPCC, 2006. V. 4. Ch.2	"2.15 "
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.2. Tierras convertidas a tierras de cultivo	4.B.2.a. Tierras forestales convertidas a tierras de cultivo				CO2	IPCC, 2006. V. 4. Ch.2	2.16
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.2. Tierras convertidas a tierras de cultivo	4.B.2.a. Tierras forestales convertidas a tierras de cultivo				CO2	IPCC, 2006. V. 4. Ch.2	2.18
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.2. Tierras convertidas a	4.B.2.a. Tierras forestales convertidas a tierras de cultivo				CO2	IPCC, 2006. V. 4. Ch.2	2.25

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría 4	Subcategoría5	Contaminante	Directriz o guía	No. Ecuación
		tierras de cultivo							
4. LULUCF	4.C. Pastizales	4.C.1. Pastizales que permanecen como tales					CO2	IPCC, 2006. V. 4. Ch.2	2.7
4. LULUCF	4.C. Pastizales	4.C.1. Pastizales que permanecen como tales					CO2	IPCC, 2006. V. 4. Ch.2	2.9
4. LULUCF	4.C. Pastizales	4.C.1. Pastizales que permanecen como tales					CO2	IPCC, 2006. V. 4. Ch.2	2.10
4. LULUCF	4.C. Pastizales	4.C.1. Pastizales que permanecen como tales					CO2	IPCC, 2006. V. 4. Ch.2	2.10, 2.11
4. LULUCF	4.C. Pastizales	4.C.1. Pastizales que permanecen como tales					CO2	IPCC, 2006. V. 4. Ch.2	2.14, 2.26
4. LULUCF	4.C. Pastizales	4.C.2. Tierras convertidas a pastizales	4.C.2.a. Tierras forestales convertidas a pastizales				CO2	IPCC, 2006. V. 4. Ch.2	2.15
4. LULUCF	4.C. Pastizales	4.C.2. Tierras convertidas a pastizales	4.C.2.a. Tierras forestales convertidas a pastizales				CO2	IPCC, 2006. V. 4. Ch.2	2.16
4. LULUCF	4.C. Pastizales	4.C.2. Tierras convertidas a pastizales	4.C.2.a. Tierras forestales convertidas a pastizales				CO2	IPCC, 2006. V. 4. Ch.2	2.18
4. LULUCF	4.C. Pastizales	4.C.2. Tierras convertidas a pastizales	4.C.2.a. Tierras forestales convertidas a pastizales				CO2	IPCC, 2006. V. 4. Ch.2	2.25
4. LULUCF	4.C. Pastizales	4.C.2. Tierras convertidas a pastizales	4.C.2.b.i. Tierras de cultivo convertidas a herbazales				CO2	IPCC, 2006. V. 4. Ch.2	2.15
4. LULUCF	4.C. Pastizales	4.C.2. Tierras convertidas a pastizales	4.C.2.b.i. Tierras de cultivo convertidas a herbazales				CO2	IPCC, 2006. V. 4. Ch.2	2.16
4. LULUCF	4.C. Pastizales	4.C.2. Tierras convertidas a pastizales	4.C.2.b.i. Tierras de cultivo convertidas a herbazales				CO2	IPCC, 2006. V. 4. Ch.2	2.18
4. LULUCF	4.C. Pastizales	4.C.2. Tierras convertidas a pastizales	4.C.2.b.i. Tierras de cultivo convertidas a herbazales				CO2	IPCC, 2006. V. 4. Ch.2	2.25

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría 4	Subcategoría5	Contaminante	Directriz o guía	No. Ecuación
4. LULUCF	4.D. Humedales	4.D.1 Humedales que permanecen como tales	4.D.1.b. Tierras inundadas que permanecen como tales				CO2	IPCC, 2006. V.4. Ch2y3	2a.1 , 3a.1
4. LULUCF	4.D. Humedales	4.D.2. Tierras convertidas a humedales	4.D.2.b. Tierras convertidas a tierras inundadas	4.D.2.b.i. Tierras forestales convertidas a tierras inundadas			CO2	IPCC, 2006. V4. Ch2	2.15
4. LULUCF	4.D. Humedales	4.D.2. Tierras convertidas a humedales	4.D.2.b. Tierras convertidas a tierras inundadas	4.D.2.b.i. Tierras forestales convertidas a tierras inundadas			CO2	IPCC, 2006. V4. Ch2	2.16
4. LULUCF	4.D. Humedales	4.D.2. Tierras convertidas a humedales	4.D.2.b. Tierras convertidas a tierras inundadas	4.D.2.b.i. Tierras forestales convertidas a tierras inundadas			CO2	IPCC, 2006. V4. Ch2	2.18.
4. LULUCF	4.D. Humedales	4.D.2. Tierras convertidas a humedales	4.D.2.b. Tierras convertidas a tierras inundadas	4.D.2.b.i. Tierras forestales convertidas a tierras inundadas			CO2	IPCC, 2006. V4. Ch2	2.25
4. LULUCF	4.D. Humedales	4.D.2. Tierras convertidas a humedales	4.D.2.c. Tierras convertidas a otros humedales	4.D.2.c.ii.1. Tierras de cultivo a humedales de tierras bajas y medias			CO2	IPCC, 2006. V4. Ch2	2.16
4. LULUCF	4.D. Humedales	4.D.2. Tierras convertidas a humedales	4.D.2.c. Tierras convertidas a otros humedales	4.D.2.c.ii.1. Tierras de cultivo a humedales de tierras bajas y medias			CO2	IPCC, 2006. V4. Ch2	2.18
4. LULUCF	4.D. Humedales	4.D.2. Tierras convertidas a humedales	4.D.2.c. Tierras convertidas a otros humedales	4.D.2.c.ii.1. Tierras de cultivo a humedales de tierras bajas y medias			CO2	IPCC, 2006. V4. Ch2	2.25
4. LULUCF	4.D. Humedales	4.D.2. Tierras convertidas a humedales	4.D.2.c. Tierras convertidas a otros humedales	4.D.2.c.ii.2. Tierras de cultivo a humedales costeros			CO2	IPCC, 2006. V4. Ch2	2.16
4. LULUCF	4.D. Humedales	4.D.2. Tierras convertidas a humedales	4.D.2.c. Tierras convertidas a otros humedales	4.D.2.c.ii.2. Tierras de cultivo a humedales costeros			CO2	IPCC, 2006. V4. Ch2	2.18
4. LULUCF	4.D. Humedales	4.D.2. Tierras convertidas a humedales	4.D.2.c. Tierras convertidas a otros humedales	4.D.2.c.ii.2. Tierras de cultivo a humedales costeros			CO2	IPCC, 2006. V4. Ch2	2.25
4. LULUCF	4.E. Asentamientos	4.E.1. Asentamientos que permanecen como tales					CO2	IPCC,2006. V.4 . Ch.8	8.1
4. LULUCF	4.E. Asentamientos	4.E.1. Asentamientos que permanecen como tales					CO2	IPCC,2006. V.4 . Ch.8	8.3

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría 4	Subcategoría5	Contaminante	Directriz o guía	No. Ecuación
4. LULUCF	4.E. Asentamientos	4.E.2. Tierras convertidas a asentamientos	4.E.2.a. Tierras forestales convertidas a asentamientos				CO2	IPCC, 2006. V.4. Ch.2	2.15
4. LULUCF	4.E. Asentamientos	4.E.2. Tierras convertidas a asentamientos	4.E.2.a. Tierras forestales convertidas a asentamientos				CO2	IPCC, 2006. V.4. Ch.2	2.16.
4. LULUCF	4.E. Asentamientos	4.E.2. Tierras convertidas a asentamientos	4.E.2.a. Tierras forestales convertidas a asentamientos				CO2	IPCC, 2006. V.4. Ch.2	2.18
4. LULUCF	4.E. Asentamientos	4.E.2. Tierras convertidas a asentamientos	4.E.2.a. Tierras forestales convertidas a asentamientos				CO2	IPCC, 2006. V.4. Ch.2	2.25
4. LULUCF	4.F. Otras tierras	4.F.2. Tierras convertidas a otras tierras	4.F.2.a. Tierras forestales convertidas a otras tierras				CO2	IPCC, 2006. V.4. Ch.2	2.15
4. LULUCF	4.F. Otras tierras	4.F.2. Tierras convertidas a otras tierras	4.F.2.a. Tierras forestales convertidas a otras tierras				CO2	IPCC, 2006. V.4. Ch.2	2.16
4. LULUCF	4.F. Otras tierras	4.F.2. Tierras convertidas a otras tierras	4.F.2.a. Tierras forestales convertidas a otras tierras				CO2	IPCC, 2006. V.4. Ch.2	2.18
4. LULUCF	4.F. Otras tierras	4.F.2. Tierras convertidas a otras tierras	4.F.2.a. Tierras forestales convertidas a otras tierras				CO2	IPCC, 2006. V.4. Ch.2	2.25
4. LULUCF	4.G. Productos de la madera recolectada (Consumo doméstico)	4.G.1. Madera maciza	4.G.1.a. Madera aserrada				CO2	IPCC,2006. V.4 . Ch.12	12.1
4. LULUCF	4.G. Productos de la madera recolectada (Consumo doméstico)	4.G.1. Madera maciza	4.G.1.a. Madera aserrada				CO2	IPCC,2006. V.4 . Ch.12	12.2
4. LULUCF	4.G. Productos de la madera recolectada (Consumo doméstico)	4.G.1. Madera maciza	4.G.1.a. Madera aserrada				CO2	IPCC,2006. V.4 . Ch.12	12.3
4. LULUCF	4.G. Productos de la madera recolectada (Consumo doméstico)	4.G.1. Madera maciza	4.G.1.a. Madera aserrada				CO2	IPCC,2006. V.4 . Ch.12	12.4
4. LULUCF	4.G. Productos de la madera recolectada	4.G.1. Madera maciza	4.G.1.a. Madera aserrada				CO2	IPCC,2006. V.4 . Ch.12	12.7

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría 4	Subcategoría5	Contaminante	Directriz o guía	No. Ecuación
	(Consumo doméstico)								
4. LULUCF	4.G. Productos de la madera recolectada (Consumo doméstico)	4.G.1. Madera maciza	4.G.1.a. Madera aserrada				CO2	IPCC,2006. V.4 . Ch.12	12.8
4. LULUCF	4.G. Productos de la madera recolectada (Consumo doméstico)	4.G.1. Madera maciza	4.G.1.b. Paneles de madera				CO2	IPCC,2006. V.4 . Ch.12	12.1
4. LULUCF	4.G. Productos de la madera recolectada (Consumo doméstico)	4.G.1. Madera maciza	4.G.1.b. Paneles de madera				CO2	IPCC,2006. V.4 . Ch.12	12.2
4. LULUCF	4.G. Productos de la madera recolectada (Consumo doméstico)	4.G.1. Madera maciza	4.G.1.b. Paneles de madera				CO2	IPCC,2006. V.4 . Ch.12	12.3
4. LULUCF	4.G. Productos de la madera recolectada (Consumo doméstico)	4.G.1. Madera maciza	4.G.1.b. Paneles de madera				CO2	IPCC,2006. V.4 . Ch.12	12.4
4. LULUCF	4.G. Productos de la madera recolectada (Consumo doméstico)	4.G.1. Madera maciza	4.G.1.b. Paneles de madera				CO2	IPCC,2006. V.4 . Ch.12	12.7
4. LULUCF	4.G. Productos de la madera recolectada (Consumo doméstico)	4.G.1. Madera maciza	4.G.1.b. Paneles de madera				CO2	IPCC,2006. V.4 . Ch.12	12.8
4. LULUCF	4.G. Productos de la madera recolectada (Consumo doméstico)	4.G.2. Papel y cartón	4.G.2.a. Otros				CO2	IPCC,2006. V.4 . Ch.12	12.1
4. LULUCF	4.G. Productos de la madera recolectada (Consumo doméstico)	4.G.2. Papel y cartón	4.G.2.a. Otros				CO2	IPCC,2006. V.4 . Ch.12	12.2

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría 4	Subcategoría5	Contaminante	Directriz o guía	No. Ecuación
4. LULUCF	4.G. Productos de la madera recolectada (Consumo doméstico)	4.G.2. Papel y cartón	4.G.2.a. Otros				CO2	IPCC,2006. V.4 . Ch.12	12.3
4. LULUCF	4.G. Productos de la madera recolectada (Consumo doméstico)	4.G.2. Papel y cartón	4.G.2.a. Otros				CO2	IPCC,2006. V.4 . Ch.12	12.4
4. LULUCF	4.G. Productos de la madera recolectada (Consumo doméstico)	4.G.2. Papel y cartón	4.G.2.a. Otros				CO2	IPCC,2006. V.4 . Ch.12	12.7
4. LULUCF	4.G. Productos de la madera recolectada (Consumo doméstico)	4.G.2. Papel y cartón	4.G.2.a. Otros				CO2	IPCC,2006. V.4 . Ch.12	12.8
4. LULUCF	4.(II). Emisiones y absorciones provenientes del drenaje y re humedecimiento y otros manejos de suelos orgánicos y minerales	4(II).D. Humedales	4(II).D.1.Humedales que permanecen como tales	4(II).D.1.b. Tierras inundadas que permanecen como tales			CH4	IPCC, 2006. V.4. Ch 2 y 3	2a.1 , 3a.1
4. LULUCF	4(IV). Quema de biomasa	4(IV).A. Tierras forestales	4(IV).A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	4(IV).A.1.b. Incendios forestales			CH4	IPCC, 2006. V. 4. Ch.2	2.27
4. LULUCF	4(IV). Quema de biomasa	4(IV).A. Tierras forestales	4(IV).A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	4(IV).A.1.b. Incendios forestales			N2O	IPCC, 2006. V. 4. Ch.2	2.27
4. LULUCF	4(IV). Quema de biomasa	4(IV).A. Tierras forestales	4(IV).A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	4(IV).A.1.b. Incendios forestales			CO	IPCC, 2006. V. 4. Ch.2	2.27
4. LULUCF	4(IV). Quema de biomasa	4(IV).A. Tierras forestales	4(IV).A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	4(IV).A.1.b. Incendios forestales			CN	IPCC, 2006. V. 4. Ch.2	2.27
4. LULUCF	4(IV). Quema de biomasa	4(IV).A. Tierras forestales	4(IV).A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	4(IV).A.1.b. Incendios forestales			NOx	IPCC, 2006. V. 4. Ch.2	2.27

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría 4	Subcategoría5	Contaminante	Directriz o guía	No. Ecuación
4. LULUCF	4(IV). Quema de biomasa	4(IV).A. Tierras forestales	4(IV).A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	4(IV).A.1.b. Incendios forestales			NH3	IPCC, 2006. V. 4. Ch.2	2.27
4. LULUCF	4(IV). Quema de biomasa	4(IV).A. Tierras forestales	4(IV).A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	4(IV).A.1.b. Incendios forestales			COVDM	IPCC, 2006. V. 4. Ch.2	2.27
4. LULUCF	4(IV). Quema de biomasa	4(IV).A. Tierras forestales	4(IV).A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	4(IV).A.1.b. Incendios forestales			SO2	IPCC, 2006. V. 4. Ch.2	2.27
4. LULUCF	4(IV). Quema de biomasa	4(IV).A. Tierras forestales	4(IV).A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	4(IV).A.1.b. Incendios forestales			SOx	IPCC, 2006. V. 4. Ch.2	2.27
4. LULUCF	4(IV). Quema de biomasa	4(IV).A. Tierras forestales	4(IV).A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	4(IV).A.1.b. Incendios forestales			PM10	IPCC, 2006. V. 4. Ch.2	2.27
4. LULUCF	4(IV). Quema de biomasa	4(IV).A. Tierras forestales	4(IV).A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	4(IV).A.1.b. Incendios forestales			PM2.5	IPCC, 2006. V. 4. Ch.2	2.27
4. LULUCF	4(IV). Quema de biomasa	4(IV).C. Pastizales	4(IV).C.1. Pastizales que permanecen como tales	4(IV).C.1.b. Incendios forestales			CH4	IPCC, 2006. V. 4. Ch.2	2.27
4. LULUCF	4(IV). Quema de biomasa	4(IV).C. Pastizales	4(IV).C.1. Pastizales que permanecen como tales	4(IV).C.1.b. Incendios forestales			N2O	IPCC, 2006. V. 4. Ch.2	2.27
4. LULUCF	4(IV). Quema de biomasa	4(IV).C. Pastizales	4(IV).C.1. Pastizales que permanecen como tales	4(IV).C.1.b. Incendios forestales			CO	IPCC, 2006. V. 4. Ch.2	2.27
4. LULUCF	4(IV). Quema de biomasa	4(IV).C. Pastizales	4(IV).C.1. Pastizales que permanecen como tales	4(IV).C.1.b. Incendios forestales			CN	IPCC, 2006. V. 4. Ch.2	2.27
4. LULUCF	4(IV). Quema de biomasa	4(IV).C. Pastizales	4(IV).C.1. Pastizales que permanecen como tales	4(IV).C.1.b. Incendios forestales			NOx	IPCC, 2006. V. 4. Ch.2	2.27
4. LULUCF	4(IV). Quema de biomasa	4(IV).C. Pastizales	4(IV).C.1. Pastizales que permanecen como tales	4(IV).C.1.b. Incendios forestales			NH3	IPCC, 2006. V. 4. Ch.2	2.27
4. LULUCF	4(IV). Quema de biomasa	4(IV).C. Pastizales	4(IV).C.1. Pastizales que permanecen como tales	4(IV).C.1.b. Incendios forestales			COVDM	IPCC, 2006. V. 4. Ch.2	2.27
4. LULUCF	4(IV). Quema de biomasa	4(IV).C. Pastizales	4(IV).C.1. Pastizales que permanecen como tales	4(IV).C.1.b. Incendios forestales			SO2	IPCC, 2006. V. 4. Ch.2	2.27
4. LULUCF	4(IV). Quema de biomasa	4(IV).C. Pastizales	4(IV).C.1. Pastizales que permanecen como tales	4(IV).C.1.b. Incendios forestales			Sox	IPCC, 2006. V. 4. Ch.2	2.27
4. LULUCF	4(IV). Quema de biomasa	4(IV).C. Pastizales	4(IV).C.1. Pastizales que permanecen como tales	4(IV).C.1.b. Incendios forestales			PM10	IPCC, 2006. V. 4. Ch.2	2.27
4. LULUCF	4(IV). Quema de biomasa	4(IV).C. Pastizales	4(IV).C.1. Pastizales que permanecen como tales	4(IV).C.1.b. Incendios forestales			PM2.5	IPCC, 2006. V. 4. Ch.2	2.27
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.1 Sitios gestionado de residuos sólidos	5.A.1.a. Anaeróbico	5.A.1.a.iv. Residuos voluminosos			CH4	IPCC 2006. V. 5, Ch. 3	3.1, 3.2, 3.4, 3.5, 3.6
5. Residuos	5.A. Eliminación de	5.A.1 Sitios gestionado de	5.A.1.a. Anaeróbico	5.A.1.a.iv. Residuos voluminosos			COVDM, PM10, PM2.5	EMEP/EEA 2019. V. 5, Ch. 5.A.	1

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría 4	Subcategoría5	Contaminante	Directriz o guía	No. Ecuación
	residuos sólidos	residuos sólidos							
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.3. Sitios no categorizados de eliminación de residuos	5.A.3.d Granel - Sin fracciones de residuos				CH4	IPCC 2006. V. 5, Ch. 3	3.1, 3.2, 3.4, 3.5, 3.6
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.3. Sitios no categorizados de eliminación de residuos	5.A.3.d Granel - Sin fracciones de residuos				COVDM, PM10, PM2.5	EMEP/EEA 2019. V. 5, Ch. 5.A.	1
5. Residuos	5.C. Incineración e incineración abierta de residuos	5.C.1. Incineración de residuos	5.C.1.b. No biogénicos	5.C.1.b.ii Otros	5.C.1.b.ii.2. Residuos peligrosos		CO2	IPCC 2006. V. 5, Ch. 5	5.1
5. Residuos	5.C. Incineración e incineración abierta de residuos	5.C.1. Incineración de residuos	5.C.1.b. No biogénicos	5.C.1.b.ii Otros	5.C.1.b.ii.2. Residuos peligrosos		COVDM, PM10, PM2.5, CN, CO, NOx, SO2	EMEP/EEA 2019. V. 5, Ch. 5.C.1.b	1
5. Residuos	5.C. Incineración e incineración abierta de residuos	5.C.1. Incineración de residuos	5.C.1.b. No biogénicos	5.C.1.b.ii Otros	5.C.1.b.ii.3. Residuos hospitalarios		CO2	IPCC 2006. V. 5, Ch. 5	5.3
5. Residuos	5.C. Incineración e incineración abierta de residuos	5.C.1. Incineración de residuos	5.C.1.b. No biogénicos	5.C.1.b.ii Otros	5.C.1.b.ii.3. Residuos hospitalarios		COVDM, CN, CO, NOx, SO2	EMEP/EEA 2019. V. 5, Ch. 5.C.1.b.iii	1
5. Residuos	5.C. Incineración e incineración abierta de residuos	5.C.1. Incineración de residuos	5.C.1.b. No biogénicos	5.C.1.b.ii Otros	5.C.1.b.ii.5. Residuos líquidos fósiles		CO2	IPCC 2006. V. 5, Ch. 5	5.3
5. Residuos	5.C. Incineración e incineración abierta de residuos	5.C.1. Incineración de residuos	5.C.1.b. No biogénicos	5.C.1.b.ii Otros	5.C.1.b.ii.5. Residuos líquidos fósiles		COVDM, PM10, PM2.5, CN, CO, NOx, SO2	EMEP/EEA 2019. V. 5, Ch. 5.C.1.b	1
5. Residuos	5.C. Incineración e incineración abierta de residuos	5.C.2. Incineración abierta de residuos	5.C.2.b. No biogénicos	5.C.2.b.i. Residuos sólidos municipales			CO2	IPCC 2006. V. 5, Ch. 5	5.2
5. Residuos	5.C. Incineración e incineración	5.C.2. Incineración	5.C.2.b. No biogénicos	5.C.2.b.i. Residuos sólidos municipales			CH4	IPCC 2006. V. 5, Ch. 5	5.4

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría 4	Subcategoría5	Contaminante	Directriz o guía	No. Ecuación
	abierta de residuos	abierta de residuos							
5. Residuos	5.C. Incineración e incineración abierta de residuos	5.C.2. Incineración abierta de residuos	5.C.2.b. No biogénicos	5.C.2.b.i. Residuos sólidos municipales			N2O	IPCC 2006. V. 5, Ch. 5	5.5
5. Residuos	5.C. Incineración e incineración abierta de residuos	5.C.2. Incineración abierta de residuos	5.C.2.b. No biogénicos	5.C.2.b.i. Residuos sólidos municipales			COVDM, CO, NOX, SOX	EMEP/EEA 2019. V. 5, Ch. 5.C.2	1
5. Residuos	5.D. Tratamiento y eliminación de aguas residuales	5.D.1.Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas					CH4	IPCC 2006. V. 5, Ch. 6	6.1
5. Residuos	5.D. Tratamiento y eliminación de aguas residuales	5.D.1.Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas					N2O	IPCC 2006. V. 5, Ch. 6	6.7
5. Residuos	5.D. Tratamiento y eliminación de aguas residuales	5.D.1.Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas					NH3	EMEP/EEA 2019. V. 5, Ch. 5.D.	3
5. Residuos	5.D. Tratamiento y eliminación de aguas residuales	5.D.2. Tratamiento y eliminación aguas residuales industriales	5.D.2.a. Aceites vegetales				CH4	IPCC 2006. V. 5, Ch. 6	6.4
5. Residuos	5.D. Tratamiento y eliminación de aguas residuales	5.D.2. Tratamiento y eliminación aguas residuales industriales	5.D.2.a. Aceites vegetales				COVDM	EMEP/EEA 2019. V. 5, Ch. 5.D.	1
5. Residuos	5.D. Tratamiento y eliminación de aguas residuales	5.D.2. Tratamiento y eliminación aguas residuales industriales	5.D.2.b. Alimentos para animales				CH4	IPCC 2006. V. 5, Ch. 6	6.4

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría 4	Subcategoría5	Contaminante	Directriz o guía	No. Ecuación
5. Residuos	5.D. Tratamiento y eliminación de aguas residuales	5.D.2. Tratamiento y eliminación aguas residuales industriales	5.D.2.b. Alimentos para animales				COVDM	EMEP/EEA 2019. V. 5, Ch. 5.D.	1
5. Residuos	5.D. Tratamiento y eliminación de aguas residuales	5.D.2. Tratamiento y eliminación aguas residuales industriales					CH4	IPCC 2006. V. 5, Ch. 6	6.4
5. Residuos	5.D. Tratamiento y eliminación de aguas residuales	5.D.2. Tratamiento y eliminación aguas residuales industriales					COVDM	EMEP/EEA 2019. V. 5, Ch. 5.D.	1
5. Residuos	5.D. Tratamiento y eliminación de aguas residuales	5.D.2. Tratamiento y eliminación aguas residuales industriales					N2O	IPCC 2006. V. 5, Ch. 6	6.11, 6.12

Anexo 1.3. Tabla de exhaustividad de datos de actividad

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Subcategoría5	Nombre dato de actividad	Periodo	Fuente	Instrumento
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.1. Industrias de la energía	1.A.1.c. Fabricación de combustibles sólidos y otras energías	1.A.1.c.iii. Otras industrias de la energía			Consumo anual de combustibles fósiles en actividades de minería de carbón	1990-2009 2010-2024	Técnica de empalme Minenergía	Datos sustitutos (UPME - Producción de carbón en minas) MRVme
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.1. Industrias de la energía	1.A.1.a. Producción de electricidad pública y calor como actividad principal	1.A.1.a.i. Generación de electricidad			Consumo anual de combustibles fósiles - SIN	1990-2005 2005-2024	Técnica de empalme XM	Datos sustitutos (DANE - Población municipal) Sinergox (históricos de consumos)
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.1. Industrias de la energía	1.A.1.a. Producción de electricidad pública y calor como actividad principal	1.A.1.a.i. Generación de electricidad			Consumo anual de combustibles fósiles - ZNI	1990-2007 2008-2024	Técnica de empalme SSPD	Métodos alternativos: ratio, log-log, lineal y robusto (SSPD-SUI) SUI (consolidado de información técnica operativa)
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.1. Industrias de la energía	1.A.1.b. Refinación del petróleo				Consumo anual de combustibles fósiles en actividades de refinación de petróleo	1990-2009 2010-2024	Técnica de empalme Minenergía	Datos sustitutos (MRVme - Cantidad de petróleo refinado) MRVme (información reportada por Ecopetrol)
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.1. Industrias de la energía	1.A.1.c. Fabricación de combustibles sólidos y otras energías	1.A.1.c.i. Manufactura de Combustibles sólidos			Producción anual de coque	1990-2024	UPME	BECO
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.1. Industrias de la energía	1.A.1.c. Fabricación de combustibles sólidos y otras energías	1.A.1.c.ii. Extracción de petróleo y gas			Consumo anual de combustibles fósiles en actividades de extracción de petróleo y minería de carbón	1990-2009 2010-2024	Técnica de empalme Minenergía	Datos sustitutos (UPME - Producción de petróleo) MRVme
1. Energía	1.A. Actividades de quema de	1.A.2. Industrias manufactureras y	1.A.2.a. Hierro y acero				Cantidad consumida anual de combustibles	Diferentes periodos 1990-2024	Técnica de empalme UPME	Datos sustitutos (DANE - PIB, Cuentas nacionales anuales) BECO

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Subcategoría5	Nombre dato de actividad	Periodo	Fuente	Instrumento
	combustibles	construcción					fósiles y biomasa			
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.b. Metales no férreos				Cantidad consumida anual de combustibles fósiles y biomasa	1990-2014, 2022-2024 2015-2021	Técnica de empalme Planta de producción de Ferroníquel	Datos sustitutos (Planta de producción de Ferroníquel - producción de Ferroníquel) Planta de producción de Ferroníquel
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.c. Productos químicos	b141			Cantidad consumida anual de combustibles fósiles y biomasa	Diferentes periodos 1990-2024	Técnica de empalme UPME	Datos sustitutos (DANE - PIB, Cuentas nacionales anuales) BECO
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta				Cantidad consumida anual de combustibles fósiles y biomasa	Diferentes periodos 1990-2024	Técnica de empalme UPME	Datos sustitutos (DANE - PIB, Cuentas nacionales anuales) BECO
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco				Cantidad consumida anual de combustibles fósiles y biomasa	Diferentes periodos 1990-2024	Técnica de empalme UPME	Datos sustitutos (DANE - PIB, Cuentas nacionales anuales) BECO
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.f. Minerales no metálicos				Cantidad consumida anual de combustibles fósiles y biomasa	Diferentes periodos 1990-2024	Técnica de empalme UPME	Datos sustitutos (DANE - PIB, Cuentas nacionales anuales) BECO
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.g. Otros	1.A.2.g.i. Fabricación de maquinaria			Cantidad consumida anual de combustibles fósiles y biomasa.	1990-2005 2006-2024	Técnica de empalme UPME	Datos sustitutos (DANE - PIB, Cuentas nacionales anuales) BECO
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.g. Otros	1.A.2.g.ii. Fabricación de material de transporte			Cantidad consumida anual de combustibles fósiles y biomasa	1990-2005 2006-2024	Técnica de empalme UPME	Datos sustitutos (DANE - PIB, Cuentas nacionales anuales) BECO
1. Energía	1.A. Actividades de quema de	1.A.2. Industrias manufactureras y	1.A.2.g. Otros	1.A.2.g.iii. Minería (excluidos combustibles) y			Cantidad consumida anual de combustibles	1990-2009 2010-2024	Técnica de empalme UPME	Datos sustitutos (UPME, SICOM) SICOM (Grandes consumidores)

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Subcategoría5	Nombre dato de actividad	Periodo	Fuente	Instrumento
	combustibles	construcción		explotación de canteras			fósiles y biomasa			
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.g. Otros	1.A.2.g.iv. Madera y productos de madera			Cantidad consumida anual de combustibles fósiles y biomasa	1990-2005 2006-2024	Técnica de empalme UPME	Datos sustitutos (DANE - PIB, agregados macroeconómicos) BECO
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.g. Otros	1.A.2.g.v. Construcción			Cantidad consumida anual de combustibles fósiles y biomasa	1990-2005 1990-2024	Técnica de empalme UPME	Datos sustitutos (DANE - PIB, Cuentas nacionales anuales) BECO
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.g. Otros	1.A.2.g.vi. Textil y cuero			Cantidad consumida anual de combustibles fósiles y biomasa	Diferentes periodos 1990-2024	Técnica de empalme UPME	Datos sustitutos (DANE - PIB, Cuentas nacionales anuales) BECO
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.g. Otros	1.A.2.g.vii. Vehículos todoterreno y otra maquinaria			Consumo de combustibles fósiles en vehículos todoterreno y otra maquinaria	1990-2023 2024	Minambiente - CALAC+ Técnica de empalme	Inventario Nacional de Fuentes Móviles Terrestres de uso Fuera de Carretera Datos sustitutos (Minambiente - CALAC+, Inventario base y modelo de retiro; DIAN - DANE, Importaciones de vehículos)
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.g. Otros	1.A.2.g.viii. Otros			Consumo de combustibles fósiles y biomasa y somieres.	Diferentes periodos 1990-2024	Técnica de empalme UPME	Datos sustitutos (DANE - PIB, Cuentas nacionales anuales) BECO
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.a. Aviación domestica	1.A.3.a.i. Aviación doméstica (LTO)			Consumo de combustibles fósiles en aviación Número de vuelos (LTO) nacionales por tipo de equipo	1990-2024 2004-2024	UPME - Ecopetrol Aerocivil	BECO - Reporte de ventas Tráfico por equipo
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.a. Aviación domestica	1.A.3.a.ii. Aviación doméstica (Crucero)			Consumo de combustibles fósiles en aviación - Crucero	1990-2024	UPME	BECO

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Subcategoría5	Nombre dato de actividad	Periodo	Fuente	Instrumento
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.i. Automóviles	1.A.3.b.i.1. Automóviles particulares, diplomáticos y oficiales		Consumo de combustibles fósiles en transporte terrestre (total carretero)	1990-2024	UPME	BECO
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.i. Automóviles	1.A.3.b.i.1. Automóviles particulares, diplomáticos y oficiales		Consumo de biocombustibles en transporte terrestre	2008-2024 (biodiésel) 2005-2024 (alcohol)	UPME	SIPG (Fracciones de mezcla de biocombustibles)
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.i. Automóviles	1.A.3.b.i.1. Automóviles particulares, diplomáticos y oficiales		Parque automotor por tipo de vehículo, combustible y año (autos)	1990-2021 2022-2024	Mintransporte - RUNT Técnica de empalme	Base de datos de vehículos registrados Método Holt
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.i. Automóviles	1.A.3.b.i.1. Automóviles particulares, diplomáticos y oficiales		Vehículos convertidos a gas natural	2002-2024	Naturgas	Base de datos de vehículos convertidos
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.i. Automóviles	1.A.3.b.i.2. Automóviles servicio público		Consumo de combustibles fósiles en transporte terrestre (total carretero)	1990-2024	UPME	BECO
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.i. Automóviles	1.A.3.b.i.2. Automóviles servicio público		Consumo de biocombustibles en transporte terrestre	2008-2024 (biodiésel) 2005-2024 (alcohol)	UPME	SIPG (Fracciones de mezcla de biocombustibles)

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Subcategoría5	Nombre dato de actividad	Periodo	Fuente	Instrumento
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.i. Automóviles	1.A.3.b.i.2. Automóviles servicio público		Parque automotor por tipo de vehículo, combustible y año (taxi)	1990-2021 2022-2024	Mintransporte - RUNT Técnica de empalme	Base de datos de vehículos registrados Método Holt
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.i. Automóviles	1.A.3.b.i.2. Automóviles servicio público		Vehículos convertidos a gas natural	2002-2024	Naturgas	Base de datos de vehículos convertidos
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.i. Automóviles	1.A.3.b.i.3. Camperos		Consumo de combustibles fósiles en transporte terrestre (total carretero)	1990-2024	UPME	BECO
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.i. Automóviles	1.A.3.b.i.3. Camperos		Consumo de biocombustibles en transporte terrestre	2008-2024 (biodiésel) 2005-2024 (alcohol)	UPME	SIPG (Fracciones de mezcla de biocombustibles)
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.i. Automóviles	1.A.3.b.i.3. Camperos		Parque automotor por tipo de vehículo, combustible y año (campero)	1990-2021 2022-2024	Mintransporte - RUNT Técnica de empalme	Base de datos de vehículos registrados Método Holt
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.i. Automóviles	1.A.3.b.i.3. Camperos		Vehículos convertidos a gas natural	2002-2024	Naturgas	Base de datos de vehículos convertidos
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.ii. Camiones para servicio ligero	1.A.3.b.ii.1. Camionetas		Consumo de combustibles fósiles en transporte terrestre (total carretero)	1990-2024	UPME	BECO

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Subcategoría5	Nombre dato de actividad	Periodo	Fuente	Instrumento
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.ii. Camiones para servicio ligero	1.A.3.b.ii.1. Camionetas		Consumo de biocombustibles en transporte terrestre	2008-2024 (biodiésel) 2005-2024 (alcohol)	UPME	SIPG (Fracciones de mezcla de biocombustibles)
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.ii. Camiones para servicio ligero	1.A.3.b.ii.1. Camionetas		Parque automotor por tipo de vehículo, combustible y año (camioneta)	1990-2021 2022-2024	Mintransporte - RUNT Técnica de empalme	Base de datos de vehículos registrados Método Holt
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.ii. Camiones para servicio ligero	1.A.3.b.ii.1. Camionetas		Vehículos convertidos a gas natural	2002-2024	Naturgas	Base de datos de vehículos convertidos
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.iii. Camiones para servicio pesado y autobuses	1.A.3.b.iii.1. Buses		Consumo de combustibles fósiles en transporte terrestre (total carretero)	1990-2024	UPME	BECO
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.iii. Camiones para servicio pesado y autobuses	1.A.3.b.iii.1. Buses		Consumo de biocombustibles en transporte terrestre	2008-2024 (biodiésel) 2005-2024 (alcohol)	UPME	SIPG (Fracciones de mezcla de biocombustibles)
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.iii. Camiones para servicio pesado y autobuses	1.A.3.b.iii.1. Buses		Parque automotor por tipo de vehículo, combustible y año (microbús, bus y buseta)	1990-2021 2022-2024	Mintransporte - RUNT Técnica de empalme	Base de datos de vehículos registrados Método Holt
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.iii. Camiones para servicio pesado y autobuses	1.A.3.b.iii.1. Buses		Vehículos convertidos a gas natural	2002-2024	Naturgas	Base de datos de vehículos convertidos

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Subcategoría5	Nombre dato de actividad	Periodo	Fuente	Instrumento
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.iii. Camiones para servicio pesado y autobuses	1.A.3.b.iii.2. Camiones y volquetas		Consumo de combustibles fósiles en transporte terrestre (total carretero)	1990-2024	UPME	BECO
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.iii. Camiones para servicio pesado y autobuses	1.A.3.b.iii.2. Camiones y volquetas		Consumo de biocombustibles en transporte terrestre	2008-2024 (biodiésel) 2005-2024 (alcohol)	UPME	SIPG (Fracciones de mezcla de biocombustibles)
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.iii. Camiones para servicio pesado y autobuses	1.A.3.b.iii.2. Camiones y volquetas		Parque automotor por tipo de vehículo, combustible y año (camión y volqueta)	1990-2021 2022-2024	Mintransporte - RUNT Técnica de empalme	Base de datos de vehículos registrados Método Holt
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.iii. Camiones para servicio pesado y autobuses	1.A.3.b.iii.2. Camiones y volquetas		Vehículos convertidos a gas natural	2002-2024	Naturgas	Base de datos de vehículos convertidos
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.iii. Camiones para servicio pesado y autobuses	1.A.3.b.iii.3. Tractocamiones		Consumo de combustibles fósiles en transporte terrestre (total carretero)	1990-2024	UPME	BECO
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.iii. Camiones para servicio pesado y autobuses	1.A.3.b.iii.3. Tractocamiones		Consumo de biocombustibles en transporte terrestre	2008-2024 (biodiésel) 2005-2024 (alcohol)	UPME	SIPG (Fracciones de mezcla de biocombustibles)
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.iii. Camiones para servicio pesado y autobuses	1.A.3.b.iii.3. Tractocamiones		Parque automotor por tipo de vehículo, combustible y año	1990-2021 2022-2024	Mintransporte - RUNT Técnica de empalme	Base de datos de vehículos registrados Método Holt

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Subcategoría5	Nombre dato de actividad	Periodo	Fuente	Instrumento
							(tractocamión)			
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.iii. Camiones para servicio pesado y autobuses	1.A.3.b.iii.3. Tractocamiones		Vehículos convertidos a gas natural	2002-2024	Naturgas	Base de datos de vehículos convertidos
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.iv. Motocicletas	1.A.3.b.iv.1. Motos		Consumo de combustibles fósiles en transporte terrestre (total carretero)	1990-2024	UPME	BECO
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.iv. Motocicletas	1.A.3.b.iv.1. Motos		Consumo de biocombustibles en transporte terrestre	2008-2024 (biodiésel) 2005-2024 (alcohol)	UPME	SIPG (Fracciones de mezcla de biocombustibles)
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.iv. Motocicletas	1.A.3.b.iv.1. Motos		Parque automotor por tipo de vehículo, combustible y año (ciclomotor, cuadriciclo, cuatrimoto, motocarro, motocicleta, moto triciclo y tricimoto)	1990-2021 2022-2024	Mintransporte - RUNT Técnica de empalme	Base de datos de vehículos registrados Método Holt
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.iv. Motocicletas	1.A.3.b.iv.1. Motos		Vehículos convertidos a gas natural	2002-2024	Naturgas	Base de datos de vehículos convertidos
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.v. Otros	1.A.3.b.v.1. Emisiones por evaporación proceden		Número de vehículos (según categoría vehicular, combustible y tecnología)	1990-2021 2022-2024	Mintransporte - RUNT Técnica de empalme	Base de datos de vehículos registrados Método Holt

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Subcategoría5	Nombre dato de actividad	Periodo	Fuente	Instrumento
					tes de vehículos					
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.v. Otros	1.A.3.b.v.2. Desgaste de neumáticos y frenos		Distancia media anual recorrida (según categoría vehicular, combustible y tecnología)	1990-2021 2022-2024	Mintransporte - RUNT Técnica de empalme	Base de datos de vehículos registrados Método Holt
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.v. Otros	1.A.3.b.v.3. Desgaste de vías		Distancia media anual recorrida (según categoría vehicular, combustible y tecnología)	1990-2021 2022-2024	Mintransporte - RUNT Técnica de empalme	Base de datos de vehículos registrados Método Holt
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.v. Otros	1.A.3.b.v.4. Otros		Consumo de combustibles fósiles en transporte terrestre (total carretero)	1990-2024	UPME	BECO
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.v. Otros	1.A.3.b.v.4. Otros		Consumo de biocombustibles en transporte terrestre	2008-2024 (biodiésel) 2005-2024 (alcohol)	UPME	SIPG (Fracciones de mezcla de biocombustibles)
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.v. Otros	1.A.3.b.v.4. Otros		Parque automotor por tipo de vehículo, combustible y año (clase)	1990-2021 2022-2024	Mintransporte - RUNT Técnica de empalme	Base de datos de vehículos registrados Método Holt
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.v. Otros	1.A.3.b.v.4. Otros		Vehículos convertidos a gas natural	2002-2024	Naturgas	Base de datos de vehículos convertidos
1. Energía	1.A. Actividades de quema de	1.A.3. Transporte	1.A.3.c. Ferrocarriles				Consumo de combustibles fósiles en	1990-2005 2006-2024	UPME Técnica de empalme	BECO Datos sustitutos (Mintransporte, Carga nacional)

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Subcategoría5	Nombre dato de actividad	Periodo	Fuente	Instrumento
	combustibles						transporte férreo.			
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.d. Navegación doméstica				Consumo de combustibles fósiles en transporte marítimo y fluvial	1990-2024	UPME	BECO
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.e. Otro transporte	1.A.3.e.i. Transporte por tubería			Consumo de combustibles fósiles en transporte por gasoducto y oleoducto	1990-2009 2010-2024	Técnica de empalme UPME (transporte gasoducto) Minenergía (transporte oleoducto)	Datos sustitutos (MRVme, Cantidad de petróleo transportado por gasoducto y oleoducto) BECO MRVme (a partir de Ecopetrol)
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.4. Otros sectores	1.A.4.a. Comercial/institucional	1.A.4.a.i. Estacionaria			Consumo de combustibles fósiles en sector comercial e institucional.	1990-2024	UPME	BECO
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.4. Otros sectores	1.A.4.a. Comercial/institucional	1.A.4.a.i. Estacionaria			Aprovechamiento de biogás en el sector comercial e institucional (PTAR y rellenos sanitarios)	2001-2024 2022-2024 (relleno sanitario)	SSPD, operadores de PTAR y rellenos sanitarios, CMNUCC Técnicas de empalme	EAAB, EMCALI, EPM, Doña Juana; MDL Datos sustitutos (SSPD – operadores PTAR y rellenos, aprovechamiento de biogás)
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.4. Otros sectores	1.A.4.b. Residencial	1.A.4.b.i. Estacionaria			Consumo de combustibles fósiles y biomasa en sector residencial.	1990-2024 2006-2024	UPME Técnica de empalme	BECO Datos sustitutos (DANE - PIB, agregados macroeconómicos)
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.4. Otros sectores	1.A.4.b. Residencial	1.A.4.b.i. Estacionaria			Consumo de leña en sector residencial.	1990-2024	UPME-Ideam	Estimación a partir de PERS (Indicador nacional de consumo de leña per cápita), en coherencia con la información reportada en el SINGEI (subcategoría 4.A.1.b.i)
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.4. Otros sectores	1.A.4.c. Agricultura/silvicultura/pesca	1.A.4.c.i. Estacionario			Consumo de combustibles fósiles y biomasa en el sector agrícola en	1990-2005 1990-2024	Técnica de empalme UPME	Datos sustitutos (DANE - PIB, Cuentas nacionales anuales) BECO

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Subcategoría5	Nombre dato de actividad	Periodo	Fuente	Instrumento
							fuentes estacionarias.			
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.4. Otros sectores	1.A.4.c. Agricultura/silvicultura/pesca	1.A.4.c.ii. Móviles (Vehículos todoterreno y otra maquinaria)			Consumo de combustibles fósiles en maquinaria y equipos móviles del sector agropecuario	1990-2023 2024	Minambiente - CALAC+ Técnica de empalme	Inventario Nacional de Fuentes Móviles Terrestres de uso Fuera de Carretera Datos sustitutos (Minambiente - CALAC+, Inventario base y modelo de retiro; DIAN - DANE, Importaciones de vehículos)
1. Energía	1.B Emisiones fugitivas	1.B.1 Combustibles sólidos	1.B.1.a. Minería carbonífera y manejo del carbón.	1.B.1.a.i. Minas subterráneas	1.B.1.a.i.1. Minería		Producción de carbón en minas subterráneas	1990-2004	Técnica de empalme	Datos sustitutos (Producción anual de carbón por mina y departamento)
								2005-2024	UPME	SIMCO, Estadísticas mineras de carbón
1. Energía	1.B Emisiones fugitivas	1.B.1 Combustibles sólidos	1.B.1.a. Minería carbonífera y manejo del carbón.	1.B.1.a.i. Minas subterráneas	1.B.1.a.i.2. Emisiones posteriores a la minería		Producción de carbón en minas subterráneas	1990-2004	Técnica de empalme	Datos sustitutos (Producción anual de carbón por mina y departamento)
								2005-2024	UPME	SIMCO, Estadísticas mineras de carbón
1. Energía	1.B Emisiones fugitivas	1.B.1 Combustibles sólidos	1.B.1.a. Minería carbonífera y manejo del carbón.	1.B.1.a.ii. Minas de superficie	1.B.1.a.ii.1. Minería		Producción de carbón en minas de superficie	1990-2004	Técnica de empalme	Datos sustitutos (Producción anual de carbón por mina y departamento)
								2005-2024	UPME	SIMCO, Estadísticas mineras de carbón
1. Energía	1.B Emisiones fugitivas	1.B.1 Combustibles sólidos	1.B.1.a. Minería carbonífera y manejo del carbón.	1.B.1.a.ii. Minas de superficie	1.B.1.a.ii.2. Emisiones posteriores a la minería		Producción de carbón en minas de superficie	1990-2004	Técnica de empalme	Datos sustitutos (Producción anual de carbón por mina y departamento)
								2005-2024	UPME	SIMCO, Estadísticas mineras de carbón
1. Energía	1.B Emisiones fugitivas	1.B.1 Combustibles sólidos	1.B.1.b Transformación de combustible	1.B.1.b.i Producción de carbón vegetal y biocarbón			Producción de coque	1990-2024	UPME	BECO
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	1.B.2.a. Petróleo	1.B.2.a.ii. Producción y modernización			Producción de petróleo	1990-2004	Técnica de empalme	Datos sustitutos (UPME - BECO)
								2005-2024	Minenergía	MRVme-ANH

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Subcategoría5	Nombre dato de actividad	Periodo	Fuente	Instrumento
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	1.B.2.a. Petróleo	1.B.2.a.iii. Transporte			Transporte por oleoducto	1990-2009	Técnica de empalme	Datos sustitutos (MRVme)
								2010-2024	Minenergía	MRVme
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	1.B.2.a. Petróleo	1.B.2.a.iv. Refinamiento y almacenamiento			Refinación	1990-2005	Técnica de empalme	Datos sustitutos (UPME - BECO)
								2006-2024	Minenergía	MRVme-Ecopetrol
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	1.B.2.b. Gas natural	1.B.2.b.ii. Producción y recolección			Producción de gas natural	1990-2004	Técnica de empalme	Datos sustitutos (UPME -BECO)
								2005-2024	Minenergía	MRVme-ANH
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	1.B.2.b. Gas natural	1.B.2.b.iii. Procesamiento			Producción de gas natural (plantas de gas)	1990-2004	Técnica de empalme	Datos sustitutos (UPME -BECO)
								2005-2024	Minenergía	MRVme-ANH
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de	1.B.2. Petróleo y gas natural y	1.B.2.b. Gas natural	1.B.2.b.iv. Transmisión y almacenamiento			Transmisión y almacenamiento (Gas	1990-2009	Técnica de empalme	Datos sustitutos (MRVme-ANH)
								2010-2024	Minenergía	MRVme-ANH

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Subcategoría5	Nombre dato de actividad	Periodo	Fuente	Instrumento
	combustibles	otras emisiones derivadas de la producción de energía					natural comercializable)			
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	1.B.2.c. Venteo y quema en antorcha	1.B.2.c.i. Venteo		1.B.2.c.i.1. Petróleo	Producción de petróleo, pozos de crudo perforados	1990-2009	Técnica de empalme	Datos sustitutos (UPME-BECO)
								2010-2024	Minenergía	MRVme–ANH
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	1.B.2.c. Venteo y quema en antorcha	1.B.2.c.i. Venteo		1.B.2.c.i.2. Gas	Producción de gas y producción de gas (Plantas de gas) Pozos de gas perforados Transmisión y almacenamiento (Gas natural comercializable)	1990-2009	Técnica de empalme	Datos sustitutos (MRVme–ANH)
								2010-2024	Minenergía	MRVme–ANH
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	1.B.2.c. Venteo y quema en antorcha	1.B.2.c.ii. Quema en antorcha		1.B.2.c.ii.1. Petróleo	Producción de petróleo, pozos de crudo perforados, refinación y cantidad de gas quemado	1990-2009	Técnica de empalme	Datos sustitutos (MRVme–ANH)
								2010-2024	Minenergía	MRVme–ANH
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de	1.B.2. Petróleo y gas natural y	1.B.2.c. Venteo y quema en antorcha	1.B.2.c.ii. Quema en antorcha		1.B.2.c.ii.2. Gas	Producción de gas y producción de gas	1990-2009	Técnica de empalme	Datos sustitutos (MRVme–ANH)
								2010-2024	Minenergía	MRVme–ANH

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Subcategoría5	Nombre dato de actividad	Periodo	Fuente	Instrumento
	combustibles	otras emisiones derivadas de la producción de energía					(Plantas de gas) Pozos de gas perforados Transmisión y almacenamiento (Gas natural comercializable)			
1. Energía	1.D. Aviación internacional y navegación internacional (bunkers internacionales) y operaciones multilaterales	1.D.1. Bunkers internacionales	1.D.1.a. Aviación internacional (Aviación Bunker)				Consumo de combustibles fósiles en aviación Número de vuelos (LTO) internacionales por tipo de equipo	1990-2024 2004-2024	UPME - Ecopetrol Aerocivil	BECO - Reporte de ventas Tráfico por equipo
							Consumo de combustibles fósiles en aviación - Crucero	1990-2024	UPME	BECO
1. Energía	1.D. Aviación internacional y navegación internacional (bunkers internacionales) y operaciones multilaterales	1.D.1. Bunkers internacionales	1.D.1.b. Navegación Internacional (Navegación Bunker)				Consumo de combustibles fósiles en transporte marítimo y fluvial	1990-2024	UPME	BECO
2. IPPU	2.A. Industria de los minerales	2.A.1. Producción de cemento					Cantidad anual importada de Clinker	1990-2024	PROCEMCO	Oficio
							Cantidad anual producida de cemento gris		DANE	Estadísticas de cemento gris (ECG)-ECG - Anexos - Anexo 1
										Instituto Colombiano de Productores de Cemento (ICPC)-Estadísticas de cemento gris (ECG)

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Subcategoría5	Nombre dato de actividad	Periodo	Fuente	Instrumento
2. IPPU	2.A. Industria de los minerales	2.A.2. Producción de cal					Cantidad producida anual de cal viva, dolomita y cal hidratada	1990-2024	DANE	Encuesta anual manufacturera (EAM)-Anexos desagregación de variables productos y materias primas - Anexo 6.2. Técnica de empalme (1990-1991)
2. IPPU	2.A. Industria de los minerales	2.A.3. Producción de vidrio					Cantidad producida anual de botellas, fibra de vidrio y vidrio plano	1990-2024	DANE	Encuesta anual manufacturera (EAM)-Anexos desagregación de variables productos y materias primas - Anexo 6.2. Técnica de empalme (1990-1991)
2. IPPU	2.A. Industria de los minerales	2.A.4. Otros usos industriales de los carbonatos	2.A.4.b. Otros usos de la ceniza de sosa				Cantidad consumida anual de carbonato de sodio	1990-2024	DANE	Encuesta anual manufacturera (EAM)-Anexos desagregación de variables productos y materias primas - Anexo 6.1. Técnica de empalme (1990-1991)
2. IPPU	2.A. Industria de los minerales	2.A.5. Otros	2.A.5.a. Cantería y minería de minerales diferentes al carbón				Producción de Arenas y gravas silíceas, arcilla común (cerámicas, ferruginosas y misceláneas) y piedra pómez	1990-2024	DANE	Cuenta satélite de minería-Cuadro 11. Arenas y gravas silíceas, arcilla común (cerámicas, ferruginosas y misceláneas) y piedra pómez. Técnica de empalme (1990-2014).
							Producción de Arenas, gravas y cantos rodados, caolín y arcillas industriales			Cuenta satélite de minería-Cuadro 13. Arenas, gravas y cantos rodados, caolín y arcillas industriales. Técnica de empalme (1990-2014).
							Producción de Roca o piedra caliza en bruto (para construcción)			Cuenta satélite de minería-Cuadro 16. Roca o piedra caliza en bruto (para construcción). Técnica de empalme (1990-2009).
2. IPPU	2.A. Industria de	2.A.5. Otros	2.A.5.b. Construcción y demoliciones				Área construida	1990-2024	DANE	Censo de edificaciones (CEED)-Estructura general del Censo de edificaciones, según áreas

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Subcategoría5	Nombre dato de actividad	Periodo	Fuente	Instrumento
	los minerales									urbanas y metropolitanas. Serie 23 áreas (91 municipios). Técnica de empalme (1990-2009).
							Área en proceso			Censo de edificaciones (CEED)-Anexos. Anexo c. C 1.1 Área en estado proceso nueva por destinos, según áreas de cobertura. Técnica de empalme (1990-2009).
2. IPPU	2.B. Industria química	2.B.1. Producción de amoníaco					Cantidad producida de amoniaco	1990-2024	ANDI	Cámara de procultivos-Empresas del sector
2. IPPU	2.B. Industria química	2.B.2. Producción de ácido nítrico					Cantidad producida de ácido nítrico	1990-2024	ANDI	Oficio-Cámara de procultivos
									Empresas del sector	Oficio-Datos de producción por planta
2. IPPU	2.B. Industria química	2.B.4. Producción de caprolactama, glioxal y ácido glioxílico	2.B.4.a. Caprolactama				Cantidad producida de caprolactama	1990-2024	ANDI	Oficio-Cámara de procultivos
2. IPPU	2.B. Industria química	2.B.8. Producción petroquímica y de negro de humo	2.B.8.b. Etileno				Cantidad producida de etileno	1990-2024	MRVme - Ecopetrol	Oficio-ECOPETROL
2. IPPU	2.B. Industria química	2.B.8. Producción petroquímica y de negro de humo	2.B.8.c. Dicloruro de etileno y monómero de cloruro de vinilo				Cantidad producida anual de cloruro de polivinilo	1990-2024	DANE	Encuesta anual manufacturera (EAM)-Anexos desagregación de variables productos y materias primas - Anexo 6.2
2. IPPU	2.B. Industria química	2.B.8. Producción petroquímica y de negro de humo	2.B.8.f. Negro de humo				Cantidad producida anual de negro de humo	1990-2024	DANE	Encuesta anual manufacturera (EAM)-Anexos desagregación de variables productos y materias primas - Anexo 6.2

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Subcategoría5	Nombre dato de actividad	Periodo	Fuente	Instrumento
2. IPPU	2.B. Industria química	2.B.11. Otros	2.B.11.a. Polietileno				Cantidad producida anual de polietileno	1990-2024	DANE	Encuesta anual manufacturera (EAM)-Anexos desagregación de variables productos y materias primas - Anexo 6.2. Técnica de empalme (1990-1991)
2. IPPU	2.B. Industria química	2.B.11. Otros	2.B.11.b. Poliestireno				Cantidad producida anual de poliestireno	1990-2024	DANE	Encuesta anual manufacturera (EAM)-Anexos desagregación de variables productos y materias primas - Anexo 6.2. Técnica de empalme (1990-1991)
2. IPPU	2.B. Industria química	2.B.11. Otros	2.B.11.c. Polipropileno				Cantidad producida anual de polipropileno	1990-2024	DANE	Encuesta anual manufacturera (EAM)-Anexos desagregación de variables productos y materias primas - Anexo 6.2. Técnica de empalme (1990-1991)
2. IPPU	2.B. Industria química	2.B.11. Otros	2.B.11.d. Formaldehído				Cantidad producida anual de formaldehído	1990-2024	DANE	Encuesta anual manufacturera (EAM)-Anexos desagregación de variables productos y materias primas - Anexo 6.2. Técnica de empalme (1990-1991)
2. IPPU	2.B. Industria química	2.B.11. Otros	2.B.11.e. Ácido sulfúrico				Cantidad producida anual de ácido sulfúrico	1990-2024	DANE	Encuesta anual manufacturera (EAM)-Anexos desagregación de variables productos y materias primas - Anexo 6.2. Técnica de empalme (1990-1991)
2. IPPU	2.B. Industria química	2.B.11. Otros	2.B.11.f. Anhidro ftálico				Cantidad producida anual de anhídrido ftálico	1990-2024	DANE	Encuesta anual manufacturera (EAM)-Anexos desagregación de variables productos y materias primas - Anexo 6.2. Técnica de empalme (1990-1991)
2. IPPU	2.C. Industria de los metales	2.C.2. Producción de ferroaleaciones					Cantidad producida anual ferroníquel	1990-2024	Empresa del sector	Oficio
									DANE	Encuesta anual manufacturera (EAM)
2. IPPU	2.C. Industria de los metales	2.C.5. Producción de plomo					Cantidad producida anual plomo secundario	1995-2024	Empresa del sector	Oficio
2. IPPU	2.D. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente	2.D.1. Uso de lubricantes					Cantidad consumida anual	1990-2024	DANE	Encuesta anual manufacturera (EAM)-Anexos desagregación de variables productos y materias primas - Anexo 6.1. Técnica de empalme (1990-1991)

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Subcategoría5	Nombre dato de actividad	Periodo	Fuente	Instrumento
2. IPPU	2.D. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente	2.D.2. Uso de cera de parafina					Cantidad consumida anual	1990-2024	DANE	Encuesta anual manufacturera (EAM)-Anexos desagregación de variables productos y materias primas - Anexo 6.2. Técnica de empalme (1990-1991)
2. IPPU	2.D. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente	2.D.3. Otros	2.D.3.a. Otros	2.D.3.a.i. Uso de disolventes			Cantidad producida anual Impermeabilizantes asfálticos	1990-2024	DANE	Encuesta anual manufacturera (EAM)-Anexos desagregación de variables productos y materias primas - Anexo 6.2. Técnica de empalme (1990-1991)
2. IPPU	2.D. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente	2.D.3. Otros	2.D.3.a. Otros	2.D.3.a.iv. Otros	2.D.3.a.iv. 2. Desengrasantes		Cantidad producida anual de artículos desengrasantes	1990-2024	DANE	Encuesta anual manufacturera (EAM)-Anexos desagregación de variables productos y materias primas - Anexo 6.2. Técnica de empalme (1990-1991)
2. IPPU	2.D. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente	2.D.3. Otros	2.D.3.a. Otros	2.D.3.a.iv. Otros	2.D.3.a.iv.5. Impresión		Cantidad producida anual de artículos de impresión (tintas)	1990-2024	DANE	Encuesta anual manufacturera (EAM)-Anexos desagregación de variables productos y materias primas - Anexo 6.2. Técnica de empalme (1990-1991)
2. IPPU	2.D. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente	2.D.3. Otros	2.D.3.a. Otros	2.D.3.a.iv. Otros	2.D.3.a.iv. 6. Otros usos de solventes y de productos		Cantidad producida anual de adhesivos y pegantes	1990-2024	DANE	Encuesta anual manufacturera (EAM)-Anexos desagregación de variables productos y materias primas - Anexo 6.2. Técnica de empalme (1990-1991)
2. IPPU	2.F. Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO)	2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	2.F.1.a. Refrigeración comercial				Cantidad consumida de HFC, PFC o sus mezclas	20001-2024	Unidad Técnica de Ozono (UTO)	Oficio

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Subcategoría5	Nombre dato de actividad	Periodo	Fuente	Instrumento
2. IPPU	2.F. Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO)	2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	2.F.1.b. Refrigeración doméstica				Cantidad consumida de HFC, PFC o sus mezclas		Unidad Técnica de Ozono (UTO)	Oficio
2. IPPU	2.F. Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO)	2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	2.F.1.c. Refrigeración industrial				Cantidad consumida de HFC, PFC o sus mezclas		Unidad Técnica de Ozono (UTO)	Oficio
2. IPPU	2.F. Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO)	2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	2.F.1.d. Transporte refrigerado				Cantidad consumida de HFC, PFC o sus mezclas		Unidad Técnica de Ozono (UTO)	Oficio
2. IPPU	2.F. Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO)	2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	2.F.1.e. Aire acondicionado móvil				Cantidad consumida de HFC, PFC o sus mezclas		Unidad Técnica de Ozono (UTO)	Oficio
2. IPPU	2.F. Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO)	2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	2.F.1.f. Aire acondicionado estacionario				Cantidad consumida de HFC, PFC o sus mezclas		Unidad Técnica de Ozono (UTO)	Oficio
							Cantidad consumida de HFC, PFC o sus mezclas			
2. IPPU	2.F. Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan	2.F.2. Agentes espumantes	2.F.2.b. Celdas abiertas				Cantidad consumida de HFC, PFC o sus mezclas	2012-2024	Unidad Técnica de Ozono (UTO)	Oficio

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Subcategoría5	Nombre dato de actividad	Periodo	Fuente	Instrumento
	la capa de ozono (SAO)									
2. IPPU	2.F. Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO)	2.F.3. Protección contra incendios					Cantidad consumida de HFC, PFC o sus mezclas	2009-2024	Unidad Técnica de Ozono (UTO)	Oficio
2. IPPU	2.F. Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO)	2.F.4. Aerosoles	2.F.4.a. Inhaladores dosificadores				Cantidad consumida de HFC, PFC o sus mezclas	2008-2024	Unidad Técnica de Ozono (UTO)	Oficio
2. IPPU	2.F. Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO)	2.F.5. Solventes					Cantidad consumida de HFC, PFC o sus mezclas	2008-2024	Unidad Técnica de Ozono (UTO)	Oficio
2. IPPU	2.F. Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO)	2.F.6. Otras aplicaciones	2.F.6.a. Emisivo				Cantidad consumida de HFC, PFC o sus mezclas	2005-2024	Unidad Técnica de Ozono (UTO)	Oficio
2. IPPU	2.G. Manufactura y utilización de otros productos	2.G.1. Equipos electrónicos					Demanda Nacional del SIN	1990-2024	XM	Informe de operación del SIN-Informe
2. IPPU	2.H. Otros	2.H.1. Industria de pulpa y papel					Cantidad producida anual de pulpa de papel	1990-2024	ANDI	Informe Estadístico Anual u Oficio-Industria de pulpa, papel y cartón
2. IPPU	2.H. Otros	2.H.2. Industria de la					Cantidad producida de artículos de	1990-2024	DANE	Encuesta anual manufacturera (EAM)-Anexos desagregación de variables productos y materias

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Subcategoría5	Nombre dato de actividad	Periodo	Fuente	Instrumento
		alimentación y las bebidas					la industria de alimentos y bebidas			primas - Anexo 6.2. Técnicas de empalme (1990-1991)
3. Agricultura	3.A. Fermentación entérica	3.A.1. Bovinos	3.A.1.a. Otro	3.A.1.a.iv. Otros	3.A.1.a.iv.1. Vacas de alta producción		Cabezas de animales	1990-2013 2014-2024	Técnica de empalme ICA	Superposición a partir de datos FAO Censo Pecuario Nacional
3. Agricultura	3.A. Fermentación entérica	3.A.1. Bovinos	3.A.1.a. Otro	3.A.1.a.iv. Otros	3.A.1.a.iv.2. Vacas de baja producción		Cabezas de animales	1990-2013 2014-2024	Técnica de empalme ICA	Superposición a partir de datos FAO Censo Pecuario Nacional
3. Agricultura	3.A. Fermentación entérica	3.A.1. Bovinos	3.A.1.a. Otro	3.A.1.a.iv. Otros	3.A.1.a.iv.3. Vacas para producción de carne		Cabezas de animales	1990-2013 2014-2024	Técnica de empalme ICA	Superposición a partir de datos FAO Censo Pecuario Nacional
3. Agricultura	3.A. Fermentación entérica	3.A.1. Bovinos	3.A.1.a. Otro	3.A.1.a.iv. Otros	3.A.1.a.iv.4. Toros utilizados con fines reproductivos		Cabezas de animales	1990-2013 2014-2024	Técnica de empalme ICA	Superposición a partir de datos FAO Censo Pecuario Nacional
3. Agricultura	3.A. Fermentación entérica	3.A.1. Bovinos	3.A.1.a. Otro	3.A.1.a.iv. Otros	3.A.1.a.iv.5. Terneros pre-destetos		Cabezas de animales	1990-2013 2014-2024	Técnica de empalme ICA	Superposición a partir de datos FAO Censo Pecuario Nacional
3. Agricultura	3.A. Fermentación entérica	3.A.1. Bovinos	3.A.1.a. Otro	3.A.1.a.iv. Otros	3.A.1.a.iv.6. Novillas de reemplazo		Cabezas de animales	1990-2013 2014-2024	Técnica de empalme ICA	Superposición a partir de datos FAO Censo Pecuario Nacional
3. Agricultura	3.A. Fermentación entérica	3.A.1. Bovinos	3.A.1.a. Otro	3.A.1.a.iv. Otros	3.A.1.a.iv.7. Ganado de engorde		Cabezas de animales	1990-2013 2014-2024	Técnica de empalme ICA	Superposición a partir de datos FAO Censo Pecuario Nacional
3. Agricultura	3.A. Fermentación entérica	3.A.2. Ovinos	3.A.2.a. Otro	3.A.2.a.i. Ovinos			Cabezas de animales	1990-2013 2014-2024	Técnica de empalme ICA	Superposición a partir de datos FAO Censo Pecuario Nacional
3. Agricultura	3.A. Fermentación entérica	3.A.3. Porcinos	3.A.3.a. Otro	3.A.3.a.i. Porcinos < 6 meses			Cabezas de animales	1990-2013 2014-2024	Técnica de empalme ICA	Superposición a partir de datos FAO Censo Pecuario Nacional

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Subcategoría5	Nombre dato de actividad	Periodo	Fuente	Instrumento
3. Agricultura	3.A. Fermentación entérica	3.A.3. Porcinos	3.A.3.a. Otro	3.A.3.a.ii. Porcinos > 6 meses			Cabezas de animales	1990-2013 2014-2024	Técnica de empalme ICA	Superposición a partir de datos FAO Censo Pecuario Nacional
3. Agricultura	3.A. Fermentación entérica	3.A.3. Porcinos	3.A.3.a. Otro	3.A.3.a.iii. Porcinos baja productividad			Cabezas de animales	1990-2013 2014-2024	Técnica de empalme ICA	Superposición a partir de datos FAO Censo Pecuario Nacional
3. Agricultura	3.A. Fermentación entérica	3.A.4. Otro ganado	3.A.4.a. Búfalos				Cabezas de animales	1990-2013 2014-2024	Técnica de empalme ICA	Regresión no lineal Censo Pecuario Nacional
3. Agricultura	3.A. Fermentación entérica	3.A.4. Otro ganado	3.A.4.d. Caprinos				Cabezas de animales	1990-2013 2014-2024	Técnica de empalme ICA	Superposición a partir de datos FAO Censo Pecuario Nacional
3. Agricultura	3.A. Fermentación entérica	3.A.4. Otro ganado	3.A.4.e. Caballos				Cabezas de animales	1990-2013 2014-2024	Técnica de empalme ICA	Superposición a partir de datos FAO Censo Pecuario Nacional
3. Agricultura	3.A. Fermentación entérica	3.A.4. Otro ganado	3.A.4.f. Mulas y asnos				Cabezas de animales	1990-2013 2014-2024	Técnica de empalme ICA	Superposición a partir de datos FAO Censo Pecuario Nacional
3. Agricultura	3.A. Fermentación entérica	3.A.4. Otro ganado	3.A.4.h. Otros	3.A.4.h.v. Otros	3.A.4.h.v.1. Ponedoras		Cabezas de animales	1990-2004 2005-2024	Técnica de empalme FENAVI	Superposición a partir de datos FAO Censo Pecuario Nacional
3. Agricultura	3.A. Fermentación entérica	3.A.4. Otro ganado	3.A.4.h. Otros	3.A.4.h.v. Otros	3.A.4.h.v.2. Pollo de engorde		Cabezas de animales	1990-2004 2005-2024	Técnica de empalme ICA	Superposición a partir de datos FAO Censo Pecuario Nacional
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.1. Bovinos	3.B.1.a. Otro	3.B.1.a.iv. Otros	3.B.1.a.iv.1. Vacas de alta Producción		Cabezas de animales	1990-2024	Subcategoría 3.A.1.a.iv.1. Vacas de alta producción	
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.1. Bovinos	3.B.1.a. Otro	3.B.1.a.iv. Otros	3.B.1.a.iv.2. Vacas de baja Producción		Cabezas de animales	1990-2024	Subcategoría 3.A.1.a.iv.2. Vacas de baja producción	
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.1. Bovinos	3.B.1.a. Otro	3.B.1.a.iv. Otros	3.B.1.a.iv.3. Vacas para producción de carne		Cabezas de animales	1990-2024	Subcategoría 3.A.1.a.iv.3. Vacas para producción de carne	

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Subcategoría5	Nombre dato de actividad	Periodo	Fuente	Instrumento
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.1. Bovinos	3.B.1.a. Otro	3.B.1.a.iv. Otros	3.B.1.a.iv.4. Toros utilizados con fines reproductivos		Cabezas de animales	1990-2024	Subcategoría 3.A.1.a.iv.4. Toros utilizados con fines reproductivos	
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.1. Bovinos	3.B.1.a. Otro	3.B.1.a.iv. Otros	3.B.1.a.iv.5. Terneros pre-destetos		Cabezas de animales	1990-2024	Subcategoría 3.A.1.a.iv.5. Terneros pre-destetos	
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.1. Bovinos	3.B.1.a. Otro	3.B.1.a.iv. Otros	3.B.1.a.iv.6. Novillas de reemplazo		Cabezas de animales	1990-2024	Subcategoría 3.A.1.a.iv.6. Novillas de reemplazo	
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.1. Bovinos	3.B.1.a. Otro	3.B.1.a.iv. Otros	3.B.1.a.iv.7. Ganado de engorde		Cabezas de animales	1990-2024	Subcategoría 3.A.1.a.iv.7. Ganado de engorde	
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.2. Ovinos	3.B.2.a. Otro	3.B.2.a.i. Ovinos			Cabezas de animales	1990-2024	Subcategoría 3.A.2.a.i. Ovinos	
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.3. Porcinos	3.B.3.a. Otro	3.B.3.a.i. Porcinos < 6 meses			Cabezas de animales	1990-2024	Subcategoría 3.A.3.a.i. Porcinos < 6 meses	
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.3. Porcinos	3.B.3.a. Otro	3.B.3.a.ii. Porcinos > 6 meses			Cabezas de animales	1990-2024	Subcategoría 3.A.3.a.ii. Porcinos > 6 meses	
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.3. Porcinos	3.B.3.a. Otro	3.B.3.a.iii. Porcinos baja productividad			Cabezas de animales	1990-2024	Subcategoría 3.A.3.a.iii. Porcinos baja productividad	
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.4. Otro ganado	3.B.4.a. Búfalos				Cabezas de animales	1990-2024	Subcategoría 3.A.4.a. Búfalos	
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.4. Otro ganado	3.B.4.d. Caprinos				Cabezas de animales	1990-2024	Subcategoría 3.A.4.d. Caprinos	
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.4. Otro ganado	3.B.4.e. Caballos				Cabezas de animales	1990-2024	Subcategoría 3.A.4.e. Caballos	
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.4. Otro ganado	3.B.4.f. Mulas y asnos				Cabezas de animales	1990-2024	Subcategoría 3.A.4.f. Mulas y asnos	
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.4. Otro ganado	3.B.4.h. Otro	3.B.4.h.v. Otro	3.B.4.h.v.1. Ponedoras		Cabezas de animales	1990-2004	Técnica de empalme FENAVI	

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Subcategoría5	Nombre dato de actividad	Periodo	Fuente	Instrumento
								2005-2024		
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.4. Otro ganado	3.B.4.h. Otro	3.B.4.h.v. Otro	3.B.4.h.v.2. Pollos de engorde		Cabezas de animales	1990-2004 2005-2024	Técnica de empalme FENAVI	
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.5. Emisiones indirectas de N2O de gestión de estiércol	3.B.5.a. Bovinos	3.B.5.a.i. Vacas de Alta Producción			Cabezas de animales	1990-2024	Subcategoría 3.B.1.a.iv.1. Vacas de alta Producción	
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.5. Emisiones indirectas de N2O de gestión de estiércol	3.B.5.a. Bovinos	3.B.5.a.ii. Vacas de Baja Producción			Cabezas de animales	1990-2024	Subcategoría 3.B.1.a.iv.2. Vacas de baja Producción	
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.5. Emisiones indirectas de N2O de gestión de estiércol	3.B.5.a. Bovinos	3.B.5.a.iii. Vacas para producción de carne			Cabezas de animales	1990-2024	Subcategoría 3.B.1.a.iv.3. Vacas para producción de carne	
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.5. Emisiones indirectas de N2O de gestión de estiércol	3.B.5.a. Bovinos	3.B.5.a.iv. Toros utilizados con fines reproductivos			Cabezas de animales	1990-2024	3.B.1.a.iv.4. Toros utilizados con fines reproductivos	
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.5. Emisiones indirectas de N2O de gestión de estiércol	3.B.5.a. Bovinos	3.B.5.a.v. Terneros pre-destetos			Cabezas de animales	1990-2024	Subcategoría 3.B.1.a.iv.5. Terneros pre-destetos	

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Subcategoría5	Nombre dato de actividad	Periodo	Fuente	Instrumento
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.5. Emisiones indirectas de N2O de gestión de estiércol	3.B.5.a. Bovinos	3.B.5.a.vi. Novillas de reemplazo			Cabezas de animales	1990-2024	Subcategoría 3.B.1.a.iv.6. Novillas de reemplazo	
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.5. Emisiones indirectas de N2O de gestión de estiércol	3.B.5.a. Bovinos	3.B.5.a.vii. Ganado de engorde			Cabezas de animales	1990-2024	Subcategoría 3.B.1.a.iv.7. Ganado de engorde	
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.5. Emisiones indirectas de N2O de gestión de estiércol	3.B.5.b. Ovinos				Cabezas de animales	1990-2024	Subcategoría 3.B.2.a.i. Ovinos	
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.5. Emisiones indirectas de N2O de gestión de estiércol	3.B.5.c. Porcinos	3.B.5.c.i. Porcinos < 6 meses			Cabezas de animales	1990-2024	Subcategoría 3.B.3.a.i. Porcinos < 6 meses	
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.5. Emisiones indirectas de N2O de gestión de estiércol	3.B.5.c. Porcinos	3.B.5.c.ii. Porcinos > 6 meses			Cabezas de animales	1990-2024	Subcategoría 3.B.3.a.ii. Porcinos > 6 meses	
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.5. Emisiones indirectas de N2O de gestión de estiércol	3.B.5.c. Porcinos	3.B.5.c.iii. Porcinos baja productividad			Cabezas de animales	1990-2024	Subcategoría 3.B.3.a.iii. Porcinos baja productividad	

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Subcategoría5	Nombre dato de actividad	Periodo	Fuente	Instrumento
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.5. Emisiones indirectas de N2O de gestión de estiércol	3.B.5.d. Otro Ganado	3.B.5.d.i. Búfalos			Cabezas de animales	1990-2024	Subcategoría 3.B.4.a. Búfalos	
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.5. Emisiones indirectas de N2O de gestión de estiércol	3.B.5.d. Otro Ganado	3.B.5.d.ii. Caprinos			Cabezas de animales	1990-2024	Subcategoría 3.B.4.d. Caprinos	
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.5. Emisiones indirectas de N2O de gestión de estiércol	3.B.5.d. Otro Ganado	3.B.5.d.iii. Caballos			Cabezas de animales	1990-2024	Subcategoría 3.B.4.e. Caballos	
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.5. Emisiones indirectas de N2O de gestión de estiércol	3.B.5.d. Otro Ganado	3.B.5.d.iv. Mulas y asnos			Cabezas de animales	1990-2024	Subcategoría 3.B.4.f. Mulas y asnos	
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.5. Emisiones indirectas de N2O de gestión de estiércol	3.B.5.d. Otro Ganado	3.B.5.d.v. Aves de corral	3.B.5.d.v.1. Ponedoras		Cabezas de animales	1990-2024	Subcategoría 3.B.4.h.v.1. Ponedoras	
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.5. Emisiones indirectas de N2O de gestión de estiércol	3.B.5.d. Otro Ganado	3.B.5.d.v. Aves de corral	3.B.5.d.v.2. Pollo de engorde		Cabezas de animales	1990-2024	Subcategoría 3.B.4.h.v.2. Pollos de engorde	

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Subcategoría5	Nombre dato de actividad	Periodo	Fuente	Instrumento
3. Agricultura	3.C. Cultivo de arroz	3.C.1. Arroz riego	3.C.1.a. Continuamente inundado				Área sembrada de arroz riego continuamente inundada	1990-1999 2000-2024	Técnica de empalme DANE-FEDEARROZ	Superposición a partir de datos FAO Encuesta nacional de arroz mecanizado
3. Agricultura	3.C. Cultivo de arroz	3.C.1. Arroz riego	3.C.1.b. Inundado intermitentemente	3.C.1.b.i. Aireación simple			Área sembrada de arroz riego con inundación intermitente-aireación simple	1990-1999 2000-2024	Técnica de empalme DANE-FEDEARROZ	Superposición a partir de datos FAO Encuesta nacional de arroz mecanizado
3. Agricultura	3.C. Cultivo de arroz	3.C.1. Arroz riego	3.C.1.b. Inundado intermitentemente	3.C.1.b.ii. Aireación múltiple			Área sembrada de arroz riego con inundación intermitente-aireación múltiple	1990-1999 2000-2024	Técnica de empalme DANE-FEDEARROZ	Superposición a partir de datos FAO Encuesta nacional de arroz mecanizado
3. Agricultura	3.C. Cultivo de arroz	3.C.2. Arroz secano	3.C.2.b. Propenso a la sequía				Área sembrada de arroz secano	1990-1999 2000-2024	Técnica de empalme DANE-FEDEARROZ	Superposición a partir de datos FAO Encuesta nacional de arroz mecanizado
3. Agricultura	3.D. Suelos agrícolas	3.D.1 Emisiones directas de N2O de suelos gestionados	3.D.1.a. Fertilizantes N inorgánicos				Cantidad anual de fertilizante sintético N aplicado a los suelos	2007-2024 1990-2024 1990-2024	UPRA Ideam IFAStat y FAOStat	Datos área cultivada para cada cultivo a escala municipal durante el periodo 2007-2024, recopilados por la UPRA. Se recopilaron indicadores de aplicación de N por consulta de expertos. Datos para la validación cruzada de las estimaciones
3. Agricultura	3.D. Suelos agrícolas	3.D.1 Emisiones directas de N2O de suelos gestionados	3.D.1.b. Fertilizantes orgánicos N	3.D.1.b.i. Estiércol animal aplicado a los suelos			Cantidad anual de estiércol animal, compost, lodos de depuradora y otros aditivos orgánicos de N aplicados a los suelos	1990-2024	Categoría 3.B. Gestión de estiercol	Tasas de excreción Fracciones de nitrógeno en los sistemas de gestión de estiércol Factores de emisión directos de los sistemas de gestión de estiércol

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Subcategoría5	Nombre dato de actividad	Periodo	Fuente	Instrumento
3. Agricultura	3.D. Suelos agrícolas	3.D.1 Emisiones directas de N2O de suelos gestionados	3.D.1.c. Orina y estiércol depositado por animales en pastoreo				Cantidad anual de nitrógeno en orina y estiércol depositado por los animales de pastoreo en pastizales, praderas y potreros.	1990-2024	Categoría 3.B. Gestión de estiercol	Fracción de N depositado en los suelos de pastizales, y potreros por cada especie de animal Nitrógeno excretado en los pastizales de acuerdo con la tasa de excreción de cada animal Cantidad de nitrógeno del estiércol gestionado disponible para su aplicación en suelos gestionados en el sistema de pasturas
3. Agricultura	3.D. Suelos agrícolas	3.D.1 Emisiones directas de N2O de suelos gestionados	3.D.1.d. Residuos de cosecha				Cantidad anual de N en los residuos agrícolas (aéreos y subterráneos) praderas y potreros	1990-2006 2007-2024 1990-2024	Técnica de empalme UPRA Ideam	Evaluaciones agropecuarias municipales Se empleo la técnica de superposición a partir de datos FAOStat Consulta nacional de expertos agropecuarios
3. Agricultura	3.D. Suelos agrícolas	3.D.1 Emisiones directas de N2O de suelos gestionados	3.D.1.e. Mineralización/inmovilización asociada a pérdida/ganancia de materia orgánica del suelo				Cantidad anual de N en suelos minerales que se mineraliza	1990-2024	SMByC (Ideam)	
3. Agricultura	3.D. Suelos agrícolas	3.D.1 Emisiones directas de N2O de suelos gestionados	3.D.1.f. Cultivo de suelos orgánicos (Histosoles)				Superficie anual de suelos orgánicos gestionados/ drenados	1990-2024	IGAC Ideam	Mapa Digital de Geopedología en Colombia 2018 (IGAC) Mapa de Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia. Escala 1:100.000. versión 2.1. Año 2017; Mapa de Biomas Naturales de Colombia 2014; Mapa de clasificación climática Caldas Lang (Ideam)
3. Agricultura	3.D. Suelos agrícolas	3.D.1 Emisiones directas de N2O de suelos gestionados	3.D.1.g. Otro	3.D.1.g.i. Operaciones agrícolas			Área cultivada	2007-2024 1990-2006	UPRA Técnica de empalme	Datos área cultivada para cada cultivo a escala municipal durante el periodo 2007-2024, recopilados por la UPRA. Se empleo la técnica de

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Subcategoría5	Nombre dato de actividad	Periodo	Fuente	Instrumento
										superposición a partir de datos FAOStat
3. Agricultura	3.D. Suelos agrícolas	3.D.1 Emisiones directas de N2O de suelos gestionados	3.D.1.g. Otro	3.D.1.g.ii. Cultivos en pie			Área cultivada	2007-2024 1990-2006	UPRA Técnica de empalme	Datos área cultivada para cada cultivo a escala municipal durante el periodo 2007-2024, recopilados por la UPRA. Se empleo la técnica de superposición a partir de datos FAOStat
3. Agricultura	3.D. Suelos agrícolas	3.D.2. Emisiones indirectas de N2O de suelos gestionados	3.D.2.a. Deposición atmosférica	3.D.2.a.i. Deposición atmosférica - Fertilizantes N inorgánicos			Cantidad anual de fertilizante sintético N aplicado a los suelos	1990-2024	Subcategoría 3.D.1.a. Fertilizantes N inorgánicos	
3. Agricultura	3.D. Suelos agrícolas	3.D.2. Emisiones indirectas de N2O de suelos gestionados	3.D.2.a. Deposición atmosférica	3.D.2.a.ii. Deposición atmosférica - Fertilizantes N orgánicos			Cantidad anual de estiércol animal, compost, lodos de depuradora y otros aditivos orgánicos de N aplicados a los suelos	1990-2024	Subcategoría 3.D.1.b. Fertilizantes orgánicos N	
3. Agricultura	3.D. Suelos agrícolas	3.D.2. Emisiones indirectas de N2O de suelos gestionados	3.D.2.a. Deposición atmosférica	3.D.2.a.iii. Deposición atmosférica - Orina y estiércol de animales en pastoreo			Cantidad anual de nitrógeno en orina y estiércol depositado por los animales de pastoreo en pastizales, praderas y potreros.	1990-2024	Subcategoría 3.D.1.c. Orina y estiércol depositado por animales en pastoreo	
3. Agricultura	3.D. Suelos agrícolas	3.D.2. Emisiones indirectas de N2O de suelos gestionados	3.D.2.b. Lixiviación y escorrentía de nitrógeno	3.D.2.b.i. Lixiviación y escorrentía Fertilizantes N inorgánicos			Cantidad anual de fertilizante sintético N aplicado a los suelos	1990-2024	Subcategoría 3.D.1.a. Fertilizantes N inorgánicos	

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Subcategoría5	Nombre dato de actividad	Periodo	Fuente	Instrumento
3. Agricultura	3.D. Suelos agrícolas	3.D.2. Emisiones indirectas de N2O de suelos gestionados	3.D.2.b. Lixiviación y escorrentía de nitrógeno	3.D.2.b.ii. Lixiviación y escorrentía Fertilizantes N orgánicos			Cantidad anual de estiércol animal, compost, lodos de depuradora y otros aditivos orgánicos de N aplicados a los suelos	1990-2024	Subcategoría 3.D.1.b. Fertilizantes orgánicos N	
3. Agricultura	3.D. Suelos agrícolas	3.D.2. Emisiones indirectas de N2O de suelos gestionados	3.D.2.b. Lixiviación y escorrentía de nitrógeno	3.D.2.b.iii. Lixiviación y escorrentía Residuos de cosecha			Cantidad anual de N en los residuos agrícolas (aéreos y subterráneos) praderas y potreros	1990-2024	Subcategoría 3.D.1.d. Residuos de cosecha	
3. Agricultura	3.D. Suelos agrícolas	3.D.2. Emisiones indirectas de N2O de suelos gestionados		3.D.2.b.iv. Lixiviación y escorrentía Mineralización/inmovilización asociada a pérdida/ganancia de materia orgánica del suelo			Cantidad anual de N en suelos minerales que se mineraliza	1990-2024	Subcategoría 3.D.1.e. Mineralización/inmovilización asociada a pérdida/ganancia de materia orgánica del suelo	
3. Agricultura	3.D. Suelos agrícolas	3.D.2. Emisiones indirectas de N2O de suelos gestionados		3.D.2.b.v. Lixiviación y escorrentía - Orina y estiércol de animales en pastoreo			Cantidad anual de nitrógeno en orina y estiércol depositado por los animales de pastoreo en pastizales, praderas y potreros.	1990-2024	Subcategoría 3.D.1.c. Orina y estiércol depositado por animales en pastoreo	
3. Agricultura	3.F. Quema de residuos agrícolas en el campo	3.F.1. Cereales	3.F.1.c. Maíz				Superficie anual (ha) incendiada de tierras de cultivo	2007-2024 1990-2006	UPRA Técnica de empalme	Datos área cultivada a escala municipal durante el periodo 2007-2024, recopilados por la UPRA. Se empleo la técnica de

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Subcategoría5	Nombre dato de actividad	Periodo	Fuente	Instrumento
										superposición a partir de datos FAOStat
3. Agricultura	3.F. Quema de residuos agrícolas en el campo	3.F.1. Cereales	3.F.1.d. Otros (especifique)	3.F.1.d.i. Arroz			Superficie anual (ha) incendiada de tierras de cultivo	2007-2024 1990-2006	UPRA Técnica de empalme	Datos área cultivada a escala municipal durante el periodo 2007-2024, recopilados por la UPRA. Se empleo la técnica de superposición a partir de datos FAOStat
3. Agricultura	3.F. Quema de residuos agrícolas en el campo	3.F.4. Caña de azúcar					Superficie anual (ha) incendiada de tierras de cultivo	2007-2024 1990-2006	UPRA Técnica de empalme	Datos área cultivada a escala municipal durante el periodo 2007-2024, recopilados por la UPRA. Se empleo la técnica de superposición a partir de datos FAOStat
3. Agricultura	3.F. Quema de residuos agrícolas en el campo	3.F.5. Otros					Superficie anual (ha) incendiada de tierras de cultivo	1990-2001 2002-2024	Ideam (SNIF)	La superficie anual incendiada entre el año 1990 a 2001 se ajustó a partir de un modelo logarítmico que tiene en cuenta los fenómenos extremos de precipitación y sequía (Ideam 2018).
3. Agricultura	3.G. Encalado	3.G.2. Dolomita CaMg(CO3)2					Cantidad de cal dolomita aplicada	2007-2024 1990-2006	UPRA Técnica de empalme DANE	Datos área cultivada para cada cultivo a escala municipal durante el periodo 2007-2024, recopilados por la UPRA. Se empleo la técnica de superposición a partir de datos FAOStat Encuesta nacional manufacturera
3. Agricultura	3.I. Otros fertilizantes que contienen carbono						Cantidad de cal dolomita aplicada	2007-2024 1990-2006	UPRA Técnica de empalme IFAStat y FAOStat	Datos área cultivada para cada cultivo a escala municipal durante el periodo 2007-2024, recopilados por la UPRA. Se empleo la técnica de superposición a partir de datos FAOStat Datos para la validación cruzada de las estimaciones

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Subcategoría5	Nombre dato de actividad	Periodo	Fuente	Instrumento
4. LULUCF	4.A. Tierras forestales	4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	4.A.1.b. Tierras forestales que permanecen como tales (Degradación)				Área Degradación anual por región	1990-2024	Ideam	Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC)
4. LULUCF	4.A. Tierras forestales	4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	4.A.1.c. Tierras forestales que permanecen como tales (Conversión de bosque natural a tierras forestales)				Área de bosque natural (borde)	1990-2024	Ideam	Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC)
4. LULUCF	4.A. Tierras forestales	4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	4.A.1.c. Tierras forestales que permanecen como tales (Conversión de bosque natural a tierras forestales)				Área de bosque natural (núcleo)	1990-2024	Ideam	Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC)
4. LULUCF	4.A. Tierras forestales	4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	4.A.1.c. Tierras forestales que permanecen como tales (Conversión de bosque natural a tierras forestales)				Fracción de área de bosque núcleo convertida a arbustal	1990-2030	Ideam	Proyección de datos de actividad
4. LULUCF	4.A. Tierras forestales	4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	4.A.1.c. Tierras forestales que permanecen como tales (Conversión de bosque natural a tierras forestales)				Fracción de área de bosque borde convertida a arbustal	1990-2030	Ideam	Proyección de datos de actividad
4. LULUCF	4.A. Tierras forestales	4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	4.A.1.c. Tierras forestales que permanecen como tales (Conversión de bosque natural a tierras forestales)				Fracción de área de bosque núcleo convertida a plantaciones forestales	1990-2030	Ideam	Proyección de datos de actividad
4. LULUCF	4.A. Tierras forestales	4.A.1. Tierras forestales que permanec	4.A.1.c. Tierras forestales que permanecen como tales (Conversión de				Fracción de área de bosque borde convertida a	1990-2030	Ideam	Proyección de datos de actividad

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Subcategoría5	Nombre dato de actividad	Periodo	Fuente	Instrumento
		en como tales	bosque natural a tierras forestales)				plantaciones forestales			
4. LULUCF	4.A. Tierras forestales	4.A.2. Tierras convertidas a tierras forestales	4.A.2.a. Cultivos convertidos en tierras forestales				Área de regeneración de bosque natural	1990-2024	Ideam	Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC)
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.a. Cultivo de café				Área sembrada cultivo café por departamento	1990-2024	Federación Nacional de Cafeteros de Colombia / Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural	Sistema de información Cafetera / estadísticas agropecuarias nacionales
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.b. Palma de aceite				Área de desarrollo cultivo de palma	1990-2024	Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite / Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural	Sistema de información sectorial palmero / estadísticas agropecuarias nacionales
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.b. Palma de aceite				Área de producción cultivo de palma	1990-2024	Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite / Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural	Sistema de información sectorial palmero / estadísticas agropecuarias nacionales
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.b. Palma de aceite				Área de renovaciones cultivo de palma	1990-2024	Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite / Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural	Sistema de información sectorial palmero / estadísticas agropecuarias nacionales
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.b. Palma de aceite				Área nuevas siembras cultivo de palma	1990-2024	Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite / Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural	Sistema de información sectorial palmero / estadísticas agropecuarias nacionales
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanec	4.B.1.b. Palma de aceite				Área total sembrada cultivo de palma	1990-2024	Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite / Ministerio de	Sistema de información sectorial palmero / estadísticas agropecuarias nacionales

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Subcategoría5	Nombre dato de actividad	Periodo	Fuente	Instrumento
		en como tales							Agricultura y Desarrollo Rural	
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.c. Cacao				Área sembrada cultivo de cacao por departamento	1990-2024	Unidad de Planificación Rural Agropecuaria / Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural	Sistema de información agropecuaria – Evaluaciones Agropecuarias Municipales (EVA) / plataforma Agro net
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.d. Aguacate				Área sembrada cultivo de aguacate por departamento	1990-2024	Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) / Unidad de Planificación Rural Agropecuaria	Sistema de información agropecuaria – Evaluaciones Agropecuarias Municipales (EVA) / plataforma Agronet
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.e. Caucho				Área sembrada de caucho por departamento	1990-2024	Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) / Unidad de Planificación Rural Agropecuaria	Sistema de información agropecuaria – Evaluaciones Agropecuarias Municipales (EVA) / plataforma Agronet
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.f. Mango				Área sembrada cultivo de mango por departamento	1990 - 2024	Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) / Unidad de Planificación Rural Agropecuaria	Sistema de información agropecuaria – Evaluaciones Agropecuarias Municipales (EVA) / plataforma Agronet
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.g. Limón				Área sembrada de limón por departamento	1990 - 2024	Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) / Unidad de Planificación Rural Agropecuaria	Sistema de información agropecuaria – Evaluaciones Agropecuarias Municipales (EVA) / plataforma Agronet
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.h. Mandarina				Área sembrada de mandarina por departamento	1990-2024	Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) / Unidad de Planificación Rural Agropecuaria	Sistema de información agropecuaria – Evaluaciones Agropecuarias Municipales (EVA) / plataforma Agronet
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que	4.B.1.i. Naranja				Área sembrada de naranja	1990 - 2024	Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) / Unidad	Sistema de información agropecuaria – Evaluaciones Agropecuarias Municipales (EVA) / plataforma Agronet

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Subcategoría5	Nombre dato de actividad	Periodo	Fuente	Instrumento
		permanecen como tales							de Planificación Rural Agropecuaria	
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.j. Tangelo				Área sembrada de tangelo	1990 - 2024	UPRA	Evaluaciones Agropecuarias Municipales (EVA)
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.k. Marañón				Área sembrada de marañón	1990-2024	UPRA	Zonificación agropecuaria y análisis de uso del suelo (Agronet)
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.l. Otro				Área de suelos minerales en tierras de cultivo	1990-2024	Ideam; IGAC	Cartografía nacional de suelos y ecosistemas
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.l. Otro				Área de suelos orgánicos en tierras de cultivo	1990-2024	Ideam; IGAC	Cartografía nacional de suelos
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.2. Tierras convertidas a tierras de cultivo	4.B.2.a. Tierras forestales convertidas a tierras de cultivo				Área de bosque natural (borde)	1990-2024	Ideam	Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC)
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.2. Tierras convertidas a tierras de cultivo	4.B.2.a. Tierras forestales convertidas a tierras de cultivo				Área de bosque natural (núcleo)	1990-2024	Ideam	Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC)
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.2. Tierras convertidas a	4.B.2.a. Tierras forestales convertidas a tierras de cultivo				Fracción de área de bosque borde	1990-2030	Ideam	Proyección de datos de actividad

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Subcategoría5	Nombre dato de actividad	Periodo	Fuente	Instrumento
		tierras de cultivo					convertida a cultivos			
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.2. Tierras convertidas a tierras de cultivo	4.B.2.a. Tierras forestales convertidas a tierras de cultivo				Fracción de área de bosque núcleo convertida a cultivos	1990-2030	Ideam	Proyección de datos de actividad
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.2. Tierras convertidas a tierras de cultivo	4.B.2.a. Tierras forestales convertidas a tierras de cultivo				Fracción de área de bosque núcleo convertida a plantación de palma	1990-2030	Ideam	Proyección de datos de actividad
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.2. Tierras convertidas a tierras de cultivo	4.B.2.a. Tierras forestales convertidas a tierras de cultivo				Fracción de área de bosque borde convertida a plantación de palma	1990-2030	Ideam	Proyección de datos de actividad
4. LULUCF	4.C. Pastizales	4.C.1. Pastizales que permanecen como tales					Área de pastizales que permanecen como tales	1990-2024	MADR, FEDEGÁN y TNC.	Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible (GCS).
4. LULUCF	4.C. Pastizales	4.C.2. Tierras convertidas a pastizales	4.C.2.a. Tierras forestales convertidas a pastizales				Área de bosque natural (núcleo)	1990-2024	Ideam	Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC)
4. LULUCF	4.C. Pastizales	4.C.2. Tierras convertidas a pastizales	4.C.2.a. Tierras forestales convertidas a pastizales				Área de bosque natural (borde)	1990-2024	Ideam	Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC)
4. LULUCF	4.C. Pastizales	4.C.2. Tierras convertidas a pastizales	4.C.2.a. Tierras forestales convertidas a pastizales				Fracción de área de bosque natural (núcleo) convertida a pastizales	1990-2030	Ideam	Proyección de datos de actividad
4. LULUCF	4.C. Pastizales	4.C.2. Tierras convertid	4.C.2.a. Tierras forestales				Fracción de área de bosque	1990-2030	Ideam	Proyección de datos de actividad

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Subcategoría5	Nombre dato de actividad	Periodo	Fuente	Instrumento
		as a pastizales	convertidas a pastizales				natural (borde) convertida a pastizales			
4. LULUCF	4.C. Pastizales	4.C.2. Tierras convertidas a pastizales	4.C.2.b.i. Tierras de cultivo convertidas a herbazales				Área de cultivo convertida a herbazales	1990-2024	Ideam	Áreas identificadas mediante matrices de cambio de uso de la tierra construidas a partir de mapas de coberturas de la tierra elaborados bajo la metodología CORINE Land Cover (CLC).
4. LULUCF	4.D. Humedales	4.D.1 Humedales que permanecen como tales	4.D.1.b. Tierras inundadas que permanecen como tales				Área inundada de humedales	1990-2024	IPCC; Ministerio de Minas y Energía	Directrices IPCC 2006 y Suplemento LULUCF 2013
4. LULUCF	4.D. Humedales	4.D.1 Humedales que permanecen como tales	4.D.1.b. Tierras inundadas que permanecen como tales				Fracción de área inundada	1990-2024	IPCC; Ministerio de Minas y Energía	Directrices IPCC 2006 y Suplemento LULUCF 2013
4. LULUCF	4.D. Humedales	4.D.2. Tierras convertidas a humedales	4.D.2.b. Tierras convertidas a tierras inundadas	4.D.2.b.i. Tierras forestales convertidas a tierras inundadas			Área de bosque natural (borde)	1990-2024	Ideam	Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC)
4. LULUCF	4.D. Humedales	4.D.2. Tierras convertidas a humedales	4.D.2.b. Tierras convertidas a tierras inundadas	4.D.2.b.i. Tierras forestales convertidas a tierras inundadas			Área de bosque natural (núcleo)	1990-2024	Ideam	Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC)
4. LULUCF	4.D. Humedales	4.D.2. Tierras convertidas a humedales	4.D.2.b. Tierras convertidas a tierras inundadas	4.D.2.b.i. Tierras forestales convertidas a tierras inundadas			Fracción de área de bosque natural (borde) convertida a cuerpos de agua	1990-2030	Ideam	Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC)
4. LULUCF	4.D. Humedales	4.D.2. Tierras convertidas a humedales	4.D.2.b. Tierras convertidas a tierras inundadas	4.D.2.b.i. Tierras forestales convertidas a tierras inundadas			Fracción de área de bosque natural (núcleo) convertida a	1990-2030	Ideam	Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC)

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Subcategoría5	Nombre dato de actividad	Periodo	Fuente	Instrumento
							cuerpos de agua			
4. LULUCF	4.D. Humedales	4.D.2. Tierras convertidas a humedales	4.D.2.b. Tierras convertidas a tierras inundadas	4.D.2.b.i. Tierras forestales convertidas a tierras inundadas			Fracción de área de bosque natural (borde) convertida a vegetación de pantano	1990-2030	Ideam	Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC)
4. LULUCF	4.D. Humedales	4.D.2. Tierras convertidas a humedales	4.D.2.b. Tierras convertidas a tierras inundadas	4.D.2.b.i. Tierras forestales convertidas a tierras inundadas			Fracción de área de bosque natural (núcleo) convertida a vegetación de pantano	1990-2030	Ideam	Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC)
4. LULUCF	4.D. Humedales	4.D.2. Tierras convertidas a humedales	4.D.2.c. Tierras convertidas a otros humedales	4.D.2.c.ii.1. Tierras de cultivo a humedales de tierras bajas y medias			Área de cultivo convertida a humedales de tierras bajas y medias	1990-2024	Ideam	Áreas identificadas mediante matrices de cambio de uso de la tierra construidas a partir de mapas de coberturas de la tierra elaborados bajo la metodología CORINE Land Cover (CLC).
4. LULUCF	4.D. Humedales	4.D.2. Tierras convertidas a humedales	4.D.2.c. Tierras convertidas a otros humedales	4.D.2.c.ii.2. Tierras de cultivo a humedales costeros			Área de cultivo convertida a humedales costeros	1990-2024	Ideam	Áreas identificadas mediante matrices de cambio de uso de la tierra construidas a partir de mapas de coberturas de la tierra elaborados bajo la metodología CORINE Land Cover (CLC).
4. LULUCF	4.E. Asentamientos	4.E.1. Asentamientos que permanecen como tales					Número de árboles plantados	1990-2024	DAGMA; Observatorio Ambiental de Santiago de Cali; Cali Cómo Vamos	Informes de calidad de vida e indicadores ambientales urbanos
4. LULUCF	4.E. Asentamientos	4.E.1. Asentamientos que permanecen como tales					Número de árboles talados	1990-2024	DAGMA; Observatorio Ambiental de Santiago de Cali; Cali Cómo Vamos	Informes de calidad de vida e indicadores ambientales urbanos
4. LULUCF	4.E. Asentamientos	4.E.1. Asentamientos que permanec					Número de árboles plantados	1990-2024	Medellín Cómo Vamos; Sistema Nacional de Información Forestal (SNIF)	Informes de calidad de vida y registros de aprovechamiento forestal urbano

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Subcategoría5	Nombre dato de actividad	Periodo	Fuente	Instrumento
		en como tales								
4. LULUCF	4.E. Asentamientos	4.E.1. Asentamientos que permanecen como tales					Número de árboles talados	1990-2024	Medellín Cómo Vamos; Sistema Nacional de Información Forestal (SNIF)	Informes de calidad de vida y registros de aprovechamiento forestal urbano
4. LULUCF	4.E. Asentamientos	4.E.1. Asentamientos que permanecen como tales					Número de árboles plantados	1990-2024	Observatorio Ambiental de Bogotá; Secretaría Distrital de Ambiente (SDA)	Indicadores ambientales urbanos y reportes de calidad de vida (árboles plantados, indicadores ambientales y aprovechamientos forestales urbanos)
4. LULUCF	4.E. Asentamientos	4.E.1. Asentamientos que permanecen como tales					Número de árboles talados	1990-2024	Observatorio Ambiental de Bogotá; Secretaría Distrital de Ambiente (SDA)	Indicadores ambientales urbanos y reportes de calidad de vida (árboles plantados, indicadores ambientales y aprovechamientos forestales urbanos)
4. LULUCF	4.E. Asentamientos	4.E.2. Tierras convertidas a asentamientos	4.E.2.a. Tierras forestales convertidas a asentamientos				Área de bosque natural (núcleo)	1990-2024	Ideam	Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC)
4. LULUCF	4.E. Asentamientos	4.E.2. Tierras convertidas a asentamientos	4.E.2.a. Tierras forestales convertidas a asentamientos				Área de bosque natural (borde)	1990-2024	Ideam	Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC)
4. LULUCF	4.E. Asentamientos	4.E.2. Tierras convertidas a asentamientos	4.E.2.a. Tierras forestales convertidas a asentamientos				Fracción de área de bosque natural (núcleo) convertida a asentamientos	1990-2030	Ideam	Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC)
4. LULUCF	4.E. Asentamientos	4.E.2. Tierras convertidas a asentamientos	4.E.2.a. Tierras forestales convertidas a asentamientos				Fracción de área de bosque natural (borde) convertida a asentamientos	1990-2030	Ideam	Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC)

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Subcategoría5	Nombre dato de actividad	Periodo	Fuente	Instrumento
4. LULUCF	4.F. Otras tierras	4.F.2. Tierras convertidas a otras tierras	4.F.2.a. Tierras forestales convertidas a otras tierras				Área de bosque natural (núcleo)	1990-2024	Ideam	Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC)
4. LULUCF	4.F. Otras tierras	4.F.2. Tierras convertidas a otras tierras	4.F.2.a. Tierras forestales convertidas a otras tierras				Área de bosque natural (borde)	1990-2024	Ideam	Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC)
4. LULUCF	4.F. Otras tierras	4.F.2. Tierras convertidas a otras tierras	4.F.2.a. Tierras forestales convertidas a otras tierras				Fracción de área de bosque natural (núcleo) convertida a tierras inundadas	1990-2030	Ideam	Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC)
4. LULUCF	4.F. Otras tierras	4.F.2. Tierras convertidas a otras tierras	4.F.2.a. Tierras forestales convertidas a otras tierras				Fracción de área de bosque natural (borde) convertida a tierras inundadas	1990-2030	Ideam	Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC)
4. LULUCF	4.G. Productos de la madera recolectada (Consumo doméstico)	4.G.1. Madera maciza	4.G.1.a. Madera aserrada				Producción de madera aserrada	1990-2024	FAO	Estadísticas forestales internacionales (FAOSTAT)
4. LULUCF	4.G. Productos de la madera recolectada (Consumo doméstico)	4.G.1. Madera maciza	4.G.1.a. Madera aserrada				Importación de madera aserrada	1990-2024	FAO	Estadísticas forestales internacionales (FAOSTAT)
4. LULUCF	4.G. Productos de la madera recolectada (Consumo doméstico)	4.G.1. Madera maciza	4.G.1.a. Madera aserrada				Exportación de madera aserrada	1990-2024	FAO	Estadísticas forestales internacionales (FAOSTAT)

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Subcategoría5	Nombre dato de actividad	Periodo	Fuente	Instrumento
4. LULUCF	4.G. Productos de la madera recolectada (Consumo doméstico)	4.G.1. Madera maciza	4.G.1.a. Madera aserrada				Producción de madera en rollo industrial	1990-2024	FAO	Estadísticas forestales internacionales (FAOSTAT)
4. LULUCF	4.G. Productos de la madera recolectada (Consumo doméstico)	4.G.1. Madera maciza	4.G.1.a. Madera aserrada				Importación de madera en rollo industrial	1990-2024	FAO	Estadísticas forestales internacionales (FAOSTAT)
4. LULUCF	4.G. Productos de la madera recolectada (Consumo doméstico)	4.G.1. Madera maciza	4.G.1.a. Madera aserrada				Exportación de madera en rollo industrial	1990-2024	FAO	Estadísticas forestales internacionales (FAOSTAT)
4. LULUCF	4.G. Productos de la madera recolectada (Consumo doméstico)	4.G.1. Madera maciza	4.G.1.b. Paneles de madera				Producción de paneles de madera	1990-2024	FAO	Estadísticas forestales internacionales (FAOSTAT)
4. LULUCF	4.G. Productos de la madera recolectada (Consumo doméstico)	4.G.1. Madera maciza	4.G.1.b. Paneles de madera				Importación de paneles de madera	1990-2024	FAO	Estadísticas forestales internacionales (FAOSTAT)
4. LULUCF	4.G. Productos de la madera recolectada (Consumo doméstico)	4.G.1. Madera maciza	4.G.1.b. Paneles de madera				Exportación de paneles de madera	1990-2024	FAO	Estadísticas forestales internacionales (FAOSTAT)
4. LULUCF	4.G. Productos de la madera recolectada	4.G.1. Madera maciza	4.G.1.b. Paneles de madera				Producción de madera en rollo industrial	1990-2024	FAO	Estadísticas forestales internacionales (FAOSTAT)

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Subcategoría5	Nombre dato de actividad	Periodo	Fuente	Instrumento
	(Consumo doméstico)									
4. LULUCF	4.G. Productos de la madera recolectada (Consumo doméstico)	4.G.1. Madera maciza	4.G.1.b. Paneles de madera				Importación de madera en rollo industrial	1990-2024	FAO	Estadísticas forestales internacionales (FAOSTAT)
4. LULUCF	4.G. Productos de la madera recolectada (Consumo doméstico)	4.G.1. Madera maciza	4.G.1.b. Paneles de madera				Exportación de madera en rollo industrial	1990-2024	FAO	Estadísticas forestales internacionales (FAOSTAT)
4. LULUCF	4.G. Productos de la madera recolectada (Consumo doméstico)	4.G.2. Papel y cartón	4.G.2.a. Otros				Producción de papel y cartón	1990-2024	FAO	Estadísticas forestales internacionales (FAOSTAT)
4. LULUCF	4.G. Productos de la madera recolectada (Consumo doméstico)	4.G.2. Papel y cartón	4.G.2.a. Otros				Importación de papel y cartón	1990-2024	FAO	Estadísticas forestales internacionales (FAOSTAT)
4. LULUCF	4.G. Productos de la madera recolectada (Consumo doméstico)	4.G.2. Papel y cartón	4.G.2.a. Otros				Exportación de papel y cartón	1990-2024	FAO	Estadísticas forestales internacionales (FAOSTAT)
4. LULUCF	4.G. Productos de la madera recolectada (Consumo doméstico)	4.G.2. Papel y cartón	4.G.2.a. Otros				Producción de madera en rollo industrial	1990-2024	FAO	Estadísticas forestales internacionales (FAOSTAT)
4. LULUCF	4.G. Productos de la madera	4.G.2. Papel y cartón	4.G.2.a. Otros				Importación de madera en rollo industrial	1990-2024	FAO	Estadísticas forestales internacionales (FAOSTAT)

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Subcategoría5	Nombre dato de actividad	Periodo	Fuente	Instrumento
	recolectada (Consumo doméstico)									
4. LULUCF	4.G. Productos de la madera recolectada (Consumo doméstico)	4.G.2. Papel y cartón	4.G.2.a. Otros				Exportación de madera en rollo industrial	1990-2024	FAO	Estadísticas forestales internacionales (FAOSTAT)
4. LULUCF	4.G. Productos de la madera recolectada (Consumo doméstico)	4.G.2. Papel y cartón	4.G.2.a. Otros				Producción de pulpa de madera	1990-2024	FAO	Estadísticas forestales internacionales (FAOSTAT)
4. LULUCF	4.G. Productos de la madera recolectada (Consumo doméstico)	4.G.2. Papel y cartón	4.G.2.a. Otros				Importación de pulpa de madera	1990-2024	FAO	Estadísticas forestales internacionales (FAOSTAT)
4. LULUCF	4.G. Productos de la madera recolectada (Consumo doméstico)	4.G.2. Papel y cartón	4.G.2.a. Otros				Exportación de pulpa de madera	1990-2024	FAO	Estadísticas forestales internacionales (FAOSTAT)
4. LULUCF	4.G. Productos de la madera recolectada (Consumo doméstico)	4.G.2. Papel y cartón	4.G.2.a. Otros				Producción de papel recuperado	1990-2024	FAO	Estadísticas forestales internacionales (FAOSTAT)
4. LULUCF	4.G. Productos de la madera recolectada (Consumo doméstico)	4.G.2. Papel y cartón	4.G.2.a. Otros				Importación de papel recuperado	1990-2024	FAO	Estadísticas forestales internacionales (FAOSTAT)
4. LULUCF	4.G. Productos de la	4.G.2. Papel y cartón	4.G.2.a. Otros				Exportación de papel recuperado	1990-2024	FAO	Estadísticas forestales internacionales (FAOSTAT)

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Subcategoría5	Nombre dato de actividad	Periodo	Fuente	Instrumento
	madera recolectada (Consumo doméstico)									
4. LULUCF	4.(II). Emisiones y absorciones provenientes del drenaje y Re humedecimiento y otros manejos de suelos orgánicos y minerales	4(II).D. Humedales	4(II).D.1.Humedales que permanecen como tales	4(II).D.1.b. Tierras inundadas que permanecen como tales	Total suelos minerales	Suelos minerales rehumedecidos	Área inundada de humedales	1990-2024	IPCC; Ministerio de Minas y Energía	Directrices IPCC 2006 y Suplemento LULUCF 2013
4. LULUCF	4.(II). Emisiones y absorciones provenientes del drenaje y deshumedecimiento y otros manejos de suelos orgánicos y minerales	4(II).D. Humedales	4(II).D.1.Humedales que permanecen como tales	4(II).D.1.b. Tierras inundadas que permanecen como tales	Total suelos minerales	Suelos minerales rehumedecidos	Fracción de área inundada	1990-2024	IPCC; Ministerio de Minas y Energía	Directrices IPCC 2006 y Suplemento LULUCF 2013
4. LULUCF	4(IV). Quema de biomasa	4(IV).A. Tierras forestales	4(IV).A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	4(IV).A.1.b. Incendios forestales			Área anual afectada por quemas en tierras forestales	1990-2024	Ideam	SNIF y otras fuentes oficiales
4. LULUCF	4(IV). Quema de biomasa	4(IV).C. Pastizales	4(IV).C.1. Pastizales que permanecen como tales	4(IV).C.1.b. Incendios forestales			Área anual afectada por quema en pastizales	1990-2024	Ideam	Compilación de series históricas a partir de Evaluaciones Agropecuarias Municipales (EVA) y otras fuentes oficiales
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.1 Sitios gestionado de residuos sólidos	5.A.1.a. Anaeróbico	5.A.1.a.iv. Residuos voluminosos			Residuos sólidos municipales dispuestos en rellenos sanitarios, celdas de contingencia, celdas transitorias,	1990-2024	SSPD	Operación estadística "Información técnico-operativa del servicio de aseo: Estado de la Disposición Final en Colombia"- Bases de datos informe nacional de disposición final de residuos sólidos

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Subcategoría5	Nombre dato de actividad	Periodo	Fuente	Instrumento
							plantas de tratamiento y plantas integrales			
							Recuperación de biogás rellenos sanitarios			SUI-Aseo - Reporte técnico
							Composición de residuos sólidos		Global Methane Iniciative	Colombia Landfill Gas Model-Colombia Landfill Gas Model v.1 - Waste Composition
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.3. Sitios no categorizados de eliminación de residuos	5.A.3.d Granel - Sin fracciones de residuos				Residuos sólidos municipales dispuestos en botaderos a cielo abierto, botaderos y sitios de enterramiento	1990-2024	SSPD	Operación estadística "Información técnico-operativa del servicio de aseo: Estado de la Disposición Final en Colombia"- Bases de datos informe nacional de disposición final de residuos sólidos
5. Residuos	5.C. Incineración e incineración abierta de residuos	5.C.1. Incineración de residuos	5.C.1.a. Biogénicos	5.C.1.a.ii Otros			Cantidad de residuos peligrosos tratados térmicamente	1990-2024	Ideam	RESPEL-Capítulo 3, Sección 1
5. Residuos	5.C. Incineración e incineración abierta de residuos	5.C.1. Incineración de residuos	5.C.1.b. No biogénicos	5.C.1.b.ii Otros	5.C.1.b.ii.2. Residuos peligrosos		Cantidad de residuos peligrosos tratados térmicamente	1990-2024	Ideam	RESPEL-Capítulo 3, Sección 1
5. Residuos	5.C. Incineración e incineración abierta de residuos	5.C.1. Incineración de residuos	5.C.1.b. No biogénicos	5.C.1.b.ii Otros	5.C.1.b.ii.3. Residuos hospitalarios		Cantidad de residuos peligrosos tratados térmicamente	1990-2024	Ideam	RESPEL-Capítulo 3, Sección 1
5. Residuos	5.C. Incineración e incineración abierta de residuos	5.C.1. Incineración de residuos	5.C.1.b. No biogénicos	5.C.1.b.ii Otros	5.C.1.b.ii.5. Residuos líquidos fósiles		Cantidad de residuos peligrosos tratados térmicamente	1990-2024	Ideam	RESPEL-Capítulo 3, Sección 1

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Subcategoría5	Nombre dato de actividad	Periodo	Fuente	Instrumento
5. Residuos	5.C. Incineración e incineración abierta de residuos	5.C.2. Incineración abierta de residuos	5.C.2.b. No biogénicos	5.C.2.b.i. Residuos sólidos municipales			Composición de residuos sólidos	1990-2024	Global Methane Iniciative	Colombia Landfill Gas Model-Colombia Landfill Gas Model v.1 - Waste Composition
							Población total (municipal)		DANE	Proyecciones y retroproyecciones de población municipal-CNPV 2018
5. Residuos	5.D. Tratamiento y eliminación de aguas residuales	5.D.1.Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas					Población por categoría (cabecera y resto) y BDO por categoría (cabecera y resto):: Hogares con inodoro conectado a alcantarillado Hogares con inodoro conectado a pozo séptico Hogares con inodoro sin conexión Hogares con letrina o bajamar Hogares que no informan Hogares sin servicio sanitario	1990-2024	DANE	Demografía y población-Proyecciones de población
5. Residuos	5.D. Tratamiento y eliminación de aguas residuales	5.D.2. Tratamiento y eliminación aguas residuales industriales					Cantidad producida por grupo industrial	1990-2024	DANE	Encuesta anual manufacturera-EAM. Anexo 6.2

Anexo 1.4. Tabla de exhaustividad de factores de emisión

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.1. Industrias de la energía	1.A.1.a. Producción de electricidad pública y calor como actividad principal	1.A.1.a.i. Generación de electricidad		Carbón mineral, Diésel oil, Fuel oil, Gas natural, Querosene	CN, CO, COVDM, NOx, PM10, PM2.5, SOx	Factor de emisión	1	EMEP/EEA-Guía 2019	PARTE B CH1.A.1
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.1. Industrias de la energía	1.A.1.a. Producción de electricidad pública y calor como actividad principal	1.A.1.a.i. Generación de electricidad		Carbón mineral, Diésel oil, Fuel oil, Gas natural, Querosene	CH4, N2O	Factor de emisión	1	IPCC-Directrices 2006	CU2.2 VL2 CH2, CU2.2 VL2 CH1, PARTE B CH1.A.1
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.1. Industrias de la energía	1.A.1.a. Producción de electricidad pública y calor como actividad principal	1.A.1.a.i. Generación de electricidad		Carbón mineral, Diésel oil, Fuel oil, Gas natural, Querosene	CO2, SOx	Factor de emisión	2	UPME-FECOC 2016	Excel_FECOC_2016_REV_GLP_Vers_usuario, FECOC - UPME Calculadora de Factores de Emisión de Combustibles (FECOC)
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.1. Industrias de la energía	1.A.1.b. Refinación del petróleo			Diésel oil, Fuel oil, Gas de refinería, Gas natural, Gasolina, GLP, Off gas, Petróleo, Querosene	CN, CO, COVDM, NOx, PM10, PM2.5, SOx	Factor de emisión	1	EMEP/EEA-Guía 2019	PARTE B CH1.A.1

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.1. Industrias de la energía	1.A.1.b. Refinación del petróleo			Diésel oil, Fuel oil, Gas de refinería, Gas natural, Gasolina, GLP, Off gas, Petróleo, Querosene	CH4, N2O, CO2	Factor de emisión	1	IPCC-Directrices 2006	CU2.2 VL2 CH2
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.1. Industrias de la energía	1.A.1.b. Refinación del petróleo			Gas de refinería	CO2	Factor de emisión	1	IPCC-Directrices 2006	CU2.2 VL2 CH2
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.1. Industrias de la energía	1.A.1.b. Refinación del petróleo			Diésel oil, Fuel oil, Gas natural, Gasolina, GLP, Petróleo, Querosene, Off gas	CO2	Factor de emisión	2	UPME-FECOC 2016	FECOC - UPME Excel_FECOC_2016_REV_GLP_Vers_usuario
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.1. Industrias de la energía	1.A.1.c. Fabricación de combustibles sólidos y otras energías	1.A.1.c.i. Manufactura de Combustibles sólidos		Producción de Coque	CN, CO, COVDM, NOx, PM10, PM2.5, SOx	Factor de emisión	1	EMEP/EEA-Guía 2019	TA5-3 PARTE B CH1.A.1, TA5-1 PARTE B CH1.A.1
1. Energía	1.A. Actividades de quema de	1.A.1. Industrias de la energía	1.A.1.c. Fabricación de combustibles sólidos y	1.A.1.c.i. Manufactura de		Producción de Coque	CH4, CO2	Factor de emisión	1	IPCC-Directrices 2006	CU4.2 VL3 CH4, CU4.1 VL3 CH4

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
	combustibles		otras energías	Combustibles sólidos							
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.1. Industrias de la energía	1.A.1.c. Fabricación de combustibles sólidos y otras energías	1.A.1.c.ii. Extracción de petróleo y gas		Diésel oil, Gas natural, GLP, Petróleo	CN, CO, COVDM, NOx, PM10, PM2.5, SOx	Factor de emisión	1	EMEP/EEA-Guía 2019	PARTE B CH1.A.1
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.1. Industrias de la energía	1.A.1.c. Fabricación de combustibles sólidos y otras energías	1.A.1.c.ii. Extracción de petróleo y gas		Diésel oil, Gas natural, GLP, Petróleo	CH4, N2O	Factor de emisión	1	IPCC-Directrices 2006	CU2.2 VL2 CH2
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.1. Industrias de la energía	1.A.1.c. Fabricación de combustibles sólidos y otras energías	1.A.1.c.ii. Extracción de petróleo y gas		Diésel oil, Gas natural, GLP, Petróleo	CO2	Factor de emisión	2	UPME-FECOC 2016	FECOC - UPME Excel_FECOC_2016_REV_GLP_Vers_usuario
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.1. Industrias de la energía	1.A.1.c. Fabricación de combustibles sólidos y otras energías	1.A.1.c.iii. Otras industrias de la energía		Diésel oil, Gas natural, Gasolina	CN, CO, COVDM, NOx, PM10, PM2.5, SOx	Factor de emisión	1	EMEP/EEA-Guía 2019	PARTE B CH1.A.1

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.1. Industrias de la energía	1.A.1.c. Fabricación de combustibles sólidos y otras energías	1.A.1.c.iii. Otras industrias de la energía		Diésel oil, Gas natural, Gasolina	CH4, N2O	Factor de emisión	1	IPCC-Directrices 2006	CU2.2 VL2 CH2
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.1. Industrias de la energía	1.A.1.c. Fabricación de combustibles sólidos y otras energías	1.A.1.c.iii. Otras industrias de la energía		Diésel oil, Gas natural, Gasolina	CO2	Factor de emisión	2	UPME-FECOC 2016	FECOC - UPME Excel_FECOC_2016_REV_GLP_Vers_usuario
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.a. Hierro y acero			Carbón mineral, Carbón vegetal, Coque, Diésel oil, Fuel oil, Gas natural, Gasolina, GLP, Leña, Petróleo, Querosene, Residuos	CN, CO, COVDM, NOx, PM10, PM2.5, SOx, NH3	Factor de emisión	1	EMEP/EEA-Guía 2019	PARTE B CH1A2-TA 3-2 a 3-5
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.a. Hierro y acero			Carbón mineral, Carbón vegetal, Coque, Diésel oil, Fuel oil, Gas natural, Gasolina, GLP, Leña, Petróleo,	CH4, N2O	Factor de emisión	1	IPCC-Directrices 2006	CU2.3 VL2 CH2

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
						Querosene, Residuos					
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.a. Hierro y acero			Carbón vegetal, Coque	CO2	Factor de emisión	1	IPCC-Directrices 2006	CU2.3 VL2 CH2
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.a. Hierro y acero			Carbón mineral, Diésel oil, Fuel oil, Gas natural, Gasolina, GLP, Leña, Petróleo, Querosene, Residuos	CO2	Factor de emisión	2	UPME-FECOC 2016	FECOC - UPME Excel_FECOC_2016_REV_GLP_Vers_usuario
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.b. Metales no férreos			Biodiésel, Diésel oil, Gas natural	CN, CO, COVDM, NOx, PM10, PM2.5, SOx	Factor de emisión	1	EMEP/EEA-Guía 2019	PARTE B CH1A2-TA 3-2 a 3-5
1. Energía	1.A. Actividades de quema de	1.A.2. Industrias manufactureras	1.A.2.b. Metales no férreos			Biodiésel, Diésel oil, Gas natural	CH4, N2O	Factor de emisión	1	IPCC-Directrices 2006	CU2.3 VL2 CH2

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
	combustibles	y construcción									
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.b. Metales no férreos			Biodiésel, Diésel oil, Gas natural	CO2	Factor de emisión	2	UPME-FECOC 2016	FECOC - UPME Excel_FECOC_2016_REV_GLP_Vers_usuario
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.c. Productos químicos			Carbón mineral, Carbón vegetal, Coque, Diésel oil, Fuel oil, Gas natural, Gasolina, GLP, Leña, Petróleo, Querosene, Residuos	CN, CO, COVDM, NOx, PM10, PM2.5, SOx, NH3	Factor de emisión	1	EMEP/EEA-Guía 2019	PARTE B CH1A2-TA 3-2 a 3-5
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.c. Productos químicos			Carbón mineral, Carbón vegetal, Coque, Diésel oil, Fuel oil, Gas natural, Gasolina, GLP, Leña, Petróleo, Querosene, Residuos	CH4, N2O, CO2	Factor de emisión	1	IPCC-Directrices 2006	CU2.3 VL2 CH2

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.c. Productos químicos			Carbón mineral, Diésel oil, Fuel oil, Gas natural, Gasolina, GLP, Leña, Petróleo, Querosene	CO2	Factor de emisión	2	UPME-FECOC 2016	FECOC - UPME Excel_FECOC_2016_REV_GLP_Vers_usuario
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta			Bagazo, Carbón mineral, Carbón vegetal, Coque, Diésel oil, Fuel oil, Gas natural, Gasolina, GLP, Leña, Petróleo, Querosene, Residuos	CN, CO, COVDM, NH3, NOx, PM10, PM2.5, SOx, N2O	Factor de emisión	1	EMEP/EEA-Guía 2019	PARTE B CH1A2-TA 3-2 a 3-5
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta			Bagazo, Carbón mineral, Carbón vegetal, Coque, Diésel oil, Fuel oil, Gas natural, Gasolina, GLP, Leña, Petróleo, Querosene, Residuos	CH4, N2O, CO2	Factor de emisión	1	IPCC-Directrices 2006	CU2.3 VL2 CH2

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta			Bagazo, Carbón mineral, Diésel oil, Fuel oil, Gas natural, Gasolina, GLP, Leña, Petróleo, Querosene	CO2	Factor de emisión	2	UPME-FECOC 2016	FECOC - UPME Excel_FECOC_2016_REV_GLP_Vers_usuario
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco			Bagazo, Carbón mineral, Carbón vegetal, Coque, Diésel oil, Fuel oil, Gas natural, Gasolina, GLP, Leña, Petróleo, Querosene, Residuos	CN, CO, COVDM, NH3, NOx, PM10, PM2.5, SOx, N2O	Factor de emisión		EMEP/EEA-Guía 2019	PARTE B CH1A2-TA 3-2 a 3-5
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco			Bagazo, Carbón mineral, Carbón vegetal, Coque, Diésel oil, Fuel oil, Gas natural, Gasolina, GLP, Leña, Petróleo, Querosene, Residuos	CH4, N2O, CO2	Factor de emisión	1	IPCC-Directrices 2006	CU2.3 VL2 CH2

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco			Bagazo, Carbón mineral, Carbón vegetal, Diésel oil, Fuel oil, Gas natural, Gasolina, GLP, Leña, Petróleo, Querosene	CO2	Factor de emisión	2	UPME-FECOC 2016	FECOC - UPME Excel_FECOC_2016_REV_GLP_Vers_usuario
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.f. Minerales no metálicos			Carbón mineral, Carbón vegetal, Coque, Diésel oil, Fuel oil, Gas natural, Gasolina, GLP, Leña, Petróleo, Querosene, Residuos	CO, COVDM, NOx, PM10, PM2.5	Factor de emisión	1	EMEP/EEA-Guía 2019	PARTE B CH1A2-TA 3-2 a 3-5
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.f. Minerales no metálicos			Carbón mineral, Carbón vegetal, Coque, Diésel oil, Fuel oil, Gas natural, Gasolina, GLP, Leña, Petróleo, Querosene, Residuos	CH4, N2O, CO2	Factor de emisión	1	IPCC-Directrices 2006	CU2.3 VL2 CH2

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.f. Minerales no metálicos			Carbón mineral, Diésel oil, Fuel oil, Gas natural, Gasolina, GLP, Leña, Petróleo, Querosene	CO2	Factor de emisión	2	UPME-FECOC 2016	FECOC - UPME Excel_FECOC_2016_REV_GLP_Vers_usuario
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.g. Otros	1.A.2.g.i. Manufactura de maquinaria		Carbón mineral, Carbón vegetal, Coque, Diésel oil, Fuel oil, Gas natural, Gasolina, Leña, Petróleo, Querosene, Residuos	CN, CO, COVDM, NOx, PM10, PM2.5, SOx, NH3	Factor de emisión	1	EMEP/EEA-Guía 2019	PARTE B CH1A2-TA 3-2 a 3-5
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.g. Otros	1.A.2.g.i. Manufactura de maquinaria		Carbón mineral, Carbón vegetal, Coque, Diésel oil, Fuel oil, Gas natural, Gasolina, Leña, Petróleo, Querosene, Residuos	CH4, N2O, CO2	Factor de emisión	1	IPCC-Directrices 2006	CU2.3 VL2 CH2

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.g. Otros	1.A.2.g.i. Manufactura de maquinaria		Carbón mineral, Diésel oil, Fuel oil, Gas natural, Gasolina, Leña, Petróleo, Querosene	CO2	Factor de emisión	2	UPME-FECOC	FECOC - UPME Excel_FECOC_2016_REV_GLP_Vers_usuario
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.g. Otros	1.A.2.g.ii. Manufactura de equipos de transporte		Carbón mineral, Carbón vegetal, Coque, Diésel oil, Fuel oil, Gas natural, Gasolina, GLP, Leña, Petróleo, Querosene, Residuos	CN, CO, COVDM, NOx, PM10, PM2.5, SOx, NH3	Factor de emisión	1	EMEP/EEA-Guía 2019	PARTE B CH1A2-TA 3-2 a 3-5
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.g. Otros	1.A.2.g.ii. Manufactura de equipos de transporte		Carbón mineral, Carbón vegetal, Coque, Diésel oil, Fuel oil, Gas natural, Gasolina, GLP, Leña, Petróleo, Querosene, Residuos	CH4, N2O, CO2	Factor de emisión	1	IPCC-Directrices 2006	CU2.3 VL2 CH2

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.g. Otros	1.A.2.g.ii. Manufactura de equipos de transporte		Carbón mineral, Diésel oil, Fuel oil, Gas natural, Gasolina, GLP, Leña, Petróleo, Querosene, Residuos	CO2	Factor de emisión	2	UPME-FECOC	FECOC - UPME Excel_FECOC_2016_REV_GLP_Vers_usuario
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.g. Otros	1.A.2.g.iii. Minería (excluidos combustibles) y explotación de canteras		Diésel oil, Gasolina	CN, CO, COVDM, NOx, PM10, PM2.5, SOx	Factor de emisión	1	EMEP/EEA-Guía 2019	PARTE B CH1A2-TA 3-2 a 3-5
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.g. Otros	1.A.2.g.iii. Minería (excluidos combustibles) y explotación de canteras		Diésel oil, Gasolina	CH4, N2O	Factor de emisión	1	IPCC-Directrices 2006	CU2.3 VL2 CH2
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.g. Otros	1.A.2.g.iii. Minería (excluidos combustibles) y explotación de canteras		Diésel oil, Gasolina	CO2	Factor de emisión	2	UPME-FECOC	FECOC - UPME Excel_FECOC_2016_REV_GLP_Vers_usuario

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.g. Otros	1.A.2.g.iv. Madera y productos de la madera		Carbón mineral, Carbón vegetal, Coque, Diésel oil, Fuel oil, Gas natural, Gasolina, GLP, Leña, Petróleo, Querosene, Residuos	CN, CO, COVDM, NOx, PM10, PM2.5, SOx, NH3	Factor de emisión	1	EMEP/EEA-Guía 2019	PARTE B CH1A2-TA 3-2 a 3-5
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.g. Otros	1.A.2.g.iv. Madera y productos de la madera		Carbón mineral, Carbón vegetal, Coque, Diésel oil, Fuel oil, Gas natural, Gasolina, GLP, Leña, Petróleo, Querosene, Residuos	CH4, N2O, CO2	Factor de emisión	1	IPCC-Directrices 2006	CU2.3 VL2 CH2
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.g. Otros	1.A.2.g.iv. Madera y productos de la madera		Carbón mineral, Diésel oil, Fuel oil, Gas natural, Gasolina, GLP, Leña, Petróleo, Querosene	CO2	Factor de emisión	2	UPME-FECOC	FECOC - UPME Excel_FECOC_2016_REV_GLP_Vers_usuario

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.g. Otros	1.A.2.g.v. Construcción		Diésel oil, Gas natural, Gasolina	CN, CO, COVDM, N2O, NOx, PM10, PM2.5, SOx, CH4	Factor de emisión	1	EMEP/EEA-Guía 2019	PARTE B CH1A2-TA 3-2 a 3-5
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.g. Otros	1.A.2.g.v. Construcción		Diésel oil	CH4	Factor de emisión	1	IPCC-Directrices 2006	CU2.3 VL2 CH2
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.g. Otros	1.A.2.g.v. Construcción		Diésel oil, Gas natural, Gasolina	CO2	Factor de emisión	2	UPME-FECOC	FECOC - UPME Excel_FECOC_2016_REV_GLP_Vers_usuario
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.g. Otros	1.A.2.g.vi. Textiles y cueros		Carbón mineral, Carbón vegetal, Coque, Diésel oil, Fuel oil, Gas natural, Gasolina, GLP, Petróleo,	CN, CO, COVDM, NOx, PM10, PM2.5, SOx, NH3	Factor de emisión	1	EMEP/EEA-Directrices 2006	PARTE B CH1A2-TA 3-2 a 3-5

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
						Querosene, Residuos					
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.g. Otros	1.A.2.g.vi. Textiles y cueros		Carbón mineral, Carbón vegetal, Coque, Diésel oil, Fuel oil, Gas natural, Gasolina, GLP, Petróleo, Querosene, Residuos	CH4, N2O, CO2	Factor de emisión	1	IPCC-Directrices 2006	CU2.3 VL2 CH2
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.g. Otros	1.A.2.g.vi. Textiles y cueros		Carbón vegetal, Coque, Residuos	CO2	Factor de emisión	1	IPCC-Directrices 2006	CU2.3 VL2 CH2
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.g. Otros	1.A.2.g.vi. Textiles y cueros		Carbón mineral, Diésel oil, Fuel oil, Gas natural, Gasolina, GLP, Petróleo, Querosene	CO2	Factor de emisión	2	UPME-FECOC 2016	FECOC - UPME Excel_FECOC_2016_REV_GLP_Vers_usuario

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.g. Otros	1.A.2.g.vii. Vehículos todoterreno y otra maquinaria		Diésel oil	CN, CO, HC, NH3, NOx, PM10, PM2.5	Factor de emisión	1	EMEP/EEA-Guía 2019	PARTE B CH1A2-TA 3-6
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.g. Otros	1.A.2.g.vii. Vehículos todoterreno y otra maquinaria		Diésel oil	COVDM	Factor de emisión	1	EMEP/EEA-Guía 2019	PARTE B CH1A2-TB 3-2
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.g. Otros	1.A.2.g.vii. Vehículos todoterreno y otra maquinaria		Diésel oil	CH4, N2O	Factor de emisión	1	IPCC-Directrices 2006	CU3.3.1 VL2 CH3
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.g. Otros	1.A.2.g.vii. Vehículos todoterreno y otra maquinaria		Diésel oil	CO2	Factor de emisión	2	UPME-FECOC 2016	FECOC - UPME Excel_FECOC_2016_REV_GLP_Vers_usuario

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.g. Otros	1.A.2.g.viii. Otros		Carbón mineral, Carbón vegetal, Coque, Diésel oil, Fuel oil, Gas natural, Gasolina, GLP, Leña, Petróleo, Querosene, Residuos	CN, CO, COVDM, NOx, PM10, PM2.5, SOx, NH3, N2O	Factor de emisión	1	EMEP/EEA-Guía 2019	PARTE B CH1A2-TA 3-2 a 3-5
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.g. Otros	1.A.2.g.viii. Otros		Carbón mineral, Carbón vegetal, Coque, Diésel oil, Fuel oil, Gas natural, Gasolina, GLP, Leña, Petróleo, Querosene, Residuos	CH4, N2O, CO2	Factor de emisión	1	IPCC-Directrices 2006	CU2.3 VL2 CH2
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	1.A.2.g. Otros	1.A.2.g.viii. Otros		Carbón vegetal, Coque, Residuos	CO2	Factor de emisión	1	IPCC-Directrices 2006	CU2.3 VL2 CH2
1. Energía	1.A. Actividades de quema	1.A.2. Industrias manufa	1.A.2.g. Otros	1.A.2.g.viii. Otros		Carbón mineral, Diésel oil, Fuel oil, Gas	CO2	Factor de emisión	2	UPME-FECOC 2016	FECOC - UPME Excel_FECOC_2016

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
	de combustibles	cturerasy construcción				natural, Gasolina, GLP, Leña, Petróleo, Querosene					_REV_GLP_Vers_usuario
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.a. Aviación domestica	1.A.3.a.i. Aviación doméstica (LTO)		Avigas, Jet-A1	PM10, PM2.5	Factor de emisión	1	Annual Danish Informative Inventory Report to UNECE- Annual Danish Informative Inventory Report to UNECE	Annual Danish Informative Inventory Report to UNECE
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.a. Aviación domestica	1.A.3.a.i. Aviación doméstica (LTO)		Avigas, Jet-A1	CN, CO, COVDM, NOx, SOx	Factor de emisión	1	EMEP/EEA-Guía 2019	Anexo 3, TA3.3
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.a. Aviación domestica	1.A.3.a.i. Aviación doméstica (LTO)		Avigas, Jet-A1	CH4, N2O	Factor de emisión	1	IPCC-Directrices 2006	Guias IPCC 2006
1. Energía	1.A. Actividades de quema	1.A.3. Transporte	1.A.3.a. Aviación domestica	1.A.3.a.i. Aviación doméstica (LTO)		Avigas, Jet-A1	CO2	Factor de emisión	2	UPME-FECOC 2016	FECOC - UPME Excel_FECOC_2016_REV_GLP_Vers_usuario

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
	de combustibles										
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.a. Aviación domestica	1.A.3.a.ii. Aviación doméstica (Crucero)		Avigas, Jet-A1	PM10, PM2.5	Factor de emisión	1	Annual Danish Informative Inventory Report to UNECE- Annual Danish Informative Inventory Report to UNECE	Annual Danish Informative Inventory Report to UNECE
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.a. Aviación domestica	1.A.3.a.ii. Aviación doméstica (Crucero)		Avigas, Jet-A1	CO, COVDM, NOx, SOx, CN	Factor de emisión	1	EMEP/EEA-Guía 2019	Anexo 3, TA3.3
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.a. Aviación domestica	1.A.3.a.ii. Aviación doméstica (Crucero)		Avigas, Jet-A1	CH4, N2O	Factor de emisión	1	IPCC-Directrices 2006	Guias IPCC 2006
1. Energía	1.A. Actividades de quema de	1.A.3. Transporte	1.A.3.a. Aviación domestica	1.A.3.a.ii. Aviación doméstica (Crucero)		Avigas, Jet-A1	CO2	Factor de emisión	2	UPME-FECOC 2016	FECOC - UPME Excel_FECOC_2016_REV_GLP_Vers_usuario

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
	combustibles										
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.i. Automóviles	1.A.3.b.i.1. Automóviles particulares, diplomáticos y oficiales	Diésel oil, Gas natural, Gasolina	NH3	Factor de emisión	1	EMEP/EEA-Guía 2019	1.A.3.b.i-iv Road transport 2019 TA 3-7
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.i. Automóviles	1.A.3.b.i.1. Automóviles particulares, diplomáticos y oficiales	Diésel oil, Gas natural, Gasolina	CN, CO, COVDM, NOx, PM10, PM2.5, SO2	Factor de emisión	1	EMEP/EEA-Guía 2019	PARTE B CH1.A.3b
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.i. Automóviles	1.A.3.b.i.1. Automóviles particulares, diplomáticos y	Alcohol, Biodiésel, Diésel oil, Gas natural, Gasolina	CH4, N2O	Factor de emisión	1	IPCC-Directrices 2006	CU3.2.2 VL2 CH3

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
					oficiales						
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.i. Automóviles	1.A.3.b.i.1. Automóviles particulares, diplomáticos y oficiales	Alcohol, Biodiésel, Diésel oil, Gas natural, Gasolina	CO2	Factor de emisión	2	UPME-FECOC	Excel_FECOC_2016_REV_GLP_Vers_usuario
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.i. Automóviles	1.A.3.b.i.1. Automóviles particulares, diplomáticos y oficiales	Diésel oil, Gas natural, Gasolina		Fracción de distribución de combustible según categoría vehicular		RUNT	Base de datos Mintransporte – RUNT
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.i. Automóviles	1.A.3.b.i.1. Automóviles particulares, diplomáticos y oficiales	Alcohol, Biodiésel, Diésel oil, Gasolina		Fracción de mezcla de biocombustibles		UPME-SIPG	Estructura de precios de los combustibles en las principales ciudades

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.i. Automóviles	1.A.3.b.i.2. Automóviles servicio público	Diésel oil, Gas natural, Gasolina	NH3	Factor de emisión	1	EMEP/EEA-Guía 2019	1.A.3.b.i-iv Road transport 2019 TA 3-7
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.i. Automóviles	1.A.3.b.i.2. Automóviles servicio público	Diésel oil, Gas natural, Gasolina	CN, CO, COVDM, NOx, PM10, PM2.5, SO2	Factor de emisión	1	EMEP/EEA-Guía 2019	PARTE B CH1.A.3b
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.i. Automóviles	1.A.3.b.i.2. Automóviles servicio público	Alcohol, Biodiésel, Diésel oil, Gas natural, Gasolina	CH4, N2O	Factor de emisión	1	IPCC-Directrices 2006	CU3.2.2 VL2 CH3
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.i. Automóviles	1.A.3.b.i.2. Automóviles servicio público	Alcohol, Biodiésel, Diésel oil, Gas natural, Gasolina	CO2	Factor de emisión	2	UPME-FECOC	Excel_FECOC_2016_REV_GLP_Vers_usuario

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.i. Automóviles	1.A.3.b.i.2. Automóviles servicio público	Diésel oil, Gas natural, Gasolina		Fracción de distribución de combustible según categoría vehicular		RUNT	Base de datos Mintransporte – RUNT
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.i. Automóviles	1.A.3.b.i.2. Automóviles servicio público	Alcohol, Biodiésel, Diésel oil, Gasolina		Fracción de mezcla de biocombustibles		UPME-SIPG	Estructura de precios de los combustibles en las principales ciudades
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.i. Automóviles	1.A.3.b.i.3. Camperos	Diésel oil, Gas natural, Gasolina	NH3	Factor de emisión	1	EMEP/EEA-Guía 2019	1.A.3.b.i-iv Road transport 2019 TA 3-7
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.i. Automóviles	1.A.3.b.i.3. Camperos	Diésel oil, Gas natural, Gasolina	CN, CO, COVDM, NOx, PM10, PM2.5, SO2	Factor de emisión	1	EMEP/EEA-Guía 2019	PARTE B CH1.A.3b

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.i. Automóviles	1.A.3.b.i.3. Camperos	Alcohol, Biodiésel, Diésel oil, Gas natural, Gasolina	CH4, N2O	Factor de emisión	1	IPCC-Directrices 2006	CU3.2.2 VL2 CH3
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.i. Automóviles	1.A.3.b.i.3. Camperos	Alcohol, Biodiésel, Diésel oil, Gas natural, Gasolina	CO2	Factor de emisión	2	UPME-FECOC	Excel_FECOC_2016_REV_GLP_Vers_usuario
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.i. Automóviles	1.A.3.b.i.3. Camperos	Diésel oil, Gas natural, Gasolina		Fracción de distribución de combustible según categoría vehicular		RUNT	Base de datos Mintransporte – RUNT
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.i. Automóviles	1.A.3.b.i.3. Camperos	Alcohol, Biodiésel, Diésel oil, Gasolina		Fracción de mezcla de biocombustibles		UPME-SIPG	Estructura de precios de los combustibles en las principales ciudades
1. Energía	1.A. Actividades de quema	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.ii. Camiones	1.A.3.b.ii.1.	Diésel oil, Gas natural, Gasolina	NH3	Factor de emisión	1	EMEP/EEA-Guía 2019	1.A.3.b.i-iv Road transport 2019 TA 3-7

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
	de combustibles			para servicio ligero	Camionetas						
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.ii. Camiones para servicio ligero	1.A.3.b.ii.1. Camionetas	Diésel oil, Gas natural, Gasolina	CN, CO, COVDM, NOx, PM10, PM2.5, SO2	Factor de emisión	1	EMEP/EEA-Guía 2019	PARTE B CH1.A.3b
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.ii. Camiones para servicio ligero	1.A.3.b.ii.1. Camionetas	Alcohol, Biodiésel, Diésel oil, Gas natural, Gasolina	CH4, N2O	Factor de emisión	1	IPCC-Directrices 2006	CU3.2.2 VL2 CH3
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.ii. Camiones para servicio ligero	1.A.3.b.ii.1. Camionetas	Alcohol, Biodiésel, Diésel oil, Gas natural, Gasolina	CO2	Factor de emisión	2	UPME-FECOC	Excel_FECOC_2016_REV_GLP_Vers_usuario
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.ii. Camiones para servicio ligero	1.A.3.b.ii.1. Camionetas	Diésel oil, Gas natural, Gasolina		Fracción de distribución de combustible según categoría vehicular		RUNT	Base de datos Mintransporte – RUNT

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.ii. Camiones para servicio ligero	1.A.3.b.iii.1. Camionetas	Alcohol, Biodiésel, Diésel oil, Gasolina		Fracción de mezcla de biocombustibles		UPME-SIPG	Estructura de precios de los combustibles en las principales ciudades
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.iii. Camiones para servicio pesado y autobuses	1.A.3.b.iii.1. Buses	Diésel oil, Gas natural, Gasolina	NH3	Factor de emisión	1	EMEP/EEA-Guía 2019	1.A.3.b.i-iv Road transport 2019 TA 3-7
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.iii. Camiones para servicio pesado y autobuses	1.A.3.b.iii.1. Buses	Diésel oil, Gas natural, Gasolina	CN, CO, COVDM, NOx, PM10, PM2.5, SO2	Factor de emisión	1	EMEP/EEA-Guía 2019	PARTE B CH1.A.3b
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.iii. Camiones para servicio pesado y autobuses	1.A.3.b.iii.1. Buses	Alcohol, Biodiésel, Diésel oil, Gas natural, Gasolina	CH4, N2O	Factor de emisión	1	IPCC-Directrices 2006	CU3.2.2 VL2 CH3
1. Energía	1.A. Actividades de quema de	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.iii. Camiones para servicio pesado y autobuses	1.A.3.b.iii.1. Buses	Alcohol, Biodiésel, Diésel oil, Gas natural, Gasolina	CO2	Factor de emisión	2	UPME-FECOC	Excel_FECOC_2016_REV_GLP_Vers_usuario

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
	combustibles										
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.iii. Camiones para servicio pesado y autobuses	1.A.3.b.iii.1. Buses	Diésel oil, Gas natural, Gasolina		Fracción de distribución de combustible según categoría vehicular		RUNT	Base de datos Mintransporte – RUNT
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.iii. Camiones para servicio pesado y autobuses	1.A.3.b.iii.1. Buses	Alcohol, Biodiésel, Diésel oil, Gasolina		Fracción de mezcla de biocombustibles		UPME-SIPG	Estructura de precios de los combustibles en las principales ciudades
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.iii. Camiones para servicio pesado y autobuses	1.A.3.b.iii.2. Camiones y volquetas	Diésel oil, Gas natural, Gasolina	NH3	Factor de emisión	1	EMEP/EEA-Guía 2019	1.A.3.b.i-iv Road transport 2019 TA 3-7
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.iii. Camiones para servicio pesado y autobuses	1.A.3.b.iii.2. Camiones y volquetas	Diésel oil, Gas natural, Gasolina	CN, CO, COVDM, NOx, PM10, PM2.5, SO2	Factor de emisión	1	EMEP/EEA-Guía 2019	PARTE B CH1.A.3b

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.iii. Camiones para servicio pesado y autobuses	1.A.3.b.iii.2. Camiones y volquetas	Alcohol, Biodiésel, Diésel oil, Gas natural, Gasolina	CH4, N2O	Factor de emisión	1	IPCC-Directrices 2006	CU3.2.2 VL2 CH3
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.iii. Camiones para servicio pesado y autobuses	1.A.3.b.iii.2. Camiones y volquetas	Alcohol, Biodiésel, Diésel oil, Gas natural, Gasolina	CO2	Factor de emisión	2	UPME-FECOC	Excel_FECOC_2016_REV_GLP_Vers_usuario
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.iii. Camiones para servicio pesado y autobuses	1.A.3.b.iii.2. Camiones y volquetas	Diésel oil, Gas natural, Gasolina		Fracción de distribución de combustible según categoría vehicular		RUNT	Base de datos Mintransporte – RUNT
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.iii. Camiones para servicio pesado y autobuses	1.A.3.b.iii.2. Camiones y volquetas	Alcohol, Biodiésel, Diésel oil, Gasolina		Fracción de mezcla de biocombustibles		UPME-SIPG	Estructura de precios de los combustibles en las principales ciudades
1. Energía	1.A. Actividades de quema	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.iii. Camiones para servicio	1.A.3.b.iii.3. Tracto	Diésel oil, Gas natural, Gasolina	NH3	Factor de emisión	1	EMEP/EEA-Guía 2019	1.A.3.b.i-iv Road transport 2019 TA 3-7

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
	de combustibles			pesado y autobuses	camiones						
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.iii. Camiones para servicio pesado y autobuses	1.A.3.b.iii.3. Tracto camiones	Diésel oil, Gas natural, Gasolina	CN, CO, COVDM, NOx, PM10, PM2.5, SO2	Factor de emisión	1	EMEP/EEA-Guía 2019	PARTE B CH1.A.3b
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.iii. Camiones para servicio pesado y autobuses	1.A.3.b.iii.3. Tracto camiones	Alcohol, Biodiésel, Diésel oil, Gas natural, Gasolina	CH4, N2O	Factor de emisión	1	IPCC-Directrices 2006	CU3.2.2 VL2 CH3
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.iii. Camiones para servicio pesado y autobuses	1.A.3.b.iii.3. Tracto camiones	Alcohol, Biodiésel, Diésel oil, Gas natural, Gasolina	CO2	Factor de emisión	2	UPME-FECOC	Excel_FECOC_2016_REV_GLP_Vers_usuario
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.iii. Camiones para servicio pesado y autobuses	1.A.3.b.iii.3. Tracto camiones	Diésel oil, Gas natural, Gasolina		Fracción de distribución de combustible según categoría vehicular		RUNT	Base de datos Mintransporte – RUNT

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.iii. Camiones para servicio pesado y autobuses	1.A.3.b.iii.3. Tracto camiones	Alcohol, Biodiésel, Diésel oil, Gasolina		Fracción de mezcla de biocombustibles		UPME-SIPG	Estructura de precios de los combustibles en las principales ciudades
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.iv. Motocicletas	1.A.3.b.iv.1. Motos	Diésel oil, Gas natural, Gasolina	NH3	Factor de emisión	1	EMEP/EEA-Guía 2019	1.A.3.b.i-iv Road transport 2019 TA 3-7
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.iv. Motocicletas	1.A.3.b.iv.1. Motos	Diésel oil, Gas natural, Gasolina	CN, CO, COVDM, NOx, PM10, PM2.5, SO2	Factor de emisión	1	EMEP/EEA-Guía 2019	PARTE B CH1.A.3b
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.iv. Motocicletas	1.A.3.b.iv.1. Motos	Alcohol, Biodiésel, Diésel oil, Gas natural, Gasolina	CH4, N2O	Factor de emisión	1	IPCC-Directrices 2006	CU3.2.2 VL2 CH3
1. Energía	1.A. Actividades de quema de	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.iv. Motocicletas	1.A.3.b.iv.1. Motos	Alcohol, Biodiésel, Diésel oil, Gas natural, Gasolina	CO2	Factor de emisión	2	UPME-FECOC	Excel_FECOC_2016_REV_GLP_Vers_usuario

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
	combustibles										
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.iv. Motocicletas	1.A.3.b.iv.1. Motos	Diésel oil, Gas natural, Gasolina		Fracción de distribución de combustible según categoría vehicular		RUNT	Base de datos Mintransporte – RUNT
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.iv. Motocicletas	1.A.3.b.iv.1. Motos	Alcohol, Biodiésel, Diésel oil, Gasolina		Fracción de mezcla de biocombustibles		UPME-SIPG	Estructura de precios de los combustibles en las principales ciudades
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.v. Otros	1.A.3.b.v.1. Emisiones por evaporación procedentes de vehículos	Gasolina	COVDM	Factor de emisión	1	EMEP/EEA-GUIA 2019	PARTE B CH1.A.3bv, PARTE B CH1.A.3bvi-vii
1. Energía	1.A. Actividades de quema	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.v. Otros	1.A.3.b.v.2. Desgaste de	Desgaste de neumáticos y frenos	CN, PM10, PM2.5	Factor de emisión	1	EMEP/EEA-GUIA 2019	PARTE B CH1.A.3bvi-vii

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
	de combustibles				neumáticos y frenos						
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.v. Otros	1.A.3.b.v.3. Desgaste de vías	Desgaste de vías	PM10, PM2.5	Factor de emisión	1	EMEP/EEA-GUIA 2019	PARTE B CH1.A.3bvi-vii
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.v. Otros	1.A.3.b.v.4. Otros	Diésel oil, Gas natural, Gasolina	NH3	Factor de emisión	1	EMEP/EEA-Guía 2019	1.A.3.b.i-iv Road transport 2019 TA 3-7
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.v. Otros	1.A.3.b.v.4. Otros	Diésel oil, Gas natural, Gasolina	CN, CO, COVDM, NOx, PM10, PM2.5, SO2	Factor de emisión	1	EMEP/EEA-Guía 2019	PARTE B CH1.A.3b
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.v. Otros	1.A.3.b.v.4. Otros	Alcohol, Biodiésel, Diésel oil, Gas natural, Gasolina	CH4, N2O	Factor de emisión	1	IPCC-Directrices 2006	CU3.2.2 VL2 CH3

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.v. Otros	1.A.3.b.v.4. Otros	Alcohol, Biodiésel, Diésel oil, Gas natural, Gasolina	CO2	Factor de emisión	2	UPME-FECOC	Excel_FECOC_2016_REV_GLP_Vers_usuario
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.v. Otros	1.A.3.b.v.4. Otros	Diésel oil, Gas natural, Gasolina		Fracción de distribución de combustible según categoría vehicular		RUNT	Base de datos Mintransporte – RUNT
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.b. Transporte terrestre	1.A.3.b.v. Otros	1.A.3.b.v.4. Otros	Alcohol, Biodiésel, Diésel oil, Gasolina		Fracción de mezcla de biocombustibles		UPME-SIPG	Estructura de precios de los combustibles en las principales ciudades
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.c. Ferrocarriles			Diésel oil, Fuel oil	CN, CO, COVDM, NH3, NOx, PM10, PM2.5, SO2	Factor de emisión	1	EMEP/EEA-Guía 2019	PARTE B CH1.A.3c
1. Energía	1.A. Actividades de quema	1.A.3. Transporte	1.A.3.c. Ferrocarriles			Carbón mineral,	N2O, CH4	Factor de emisión	1	IPCC-Directrices 2006	CU3.4.1 VL2 CH3, CU2.2 VL2 CH2

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
	de combustibles					Diésel oil, Fuel oil					
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.c. Ferrocarriles			Carbón mineral, Diésel oil, Fuel oil	CO2, SO2	Factor de emisión	2	UPME-FECOC 2016	Excel_FECOC_2016_REV_GLP_Vers_usuario
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.d. Navegación doméstica			Diésel marino, Fuel oil, Gasolina	CN, CO, COVDM, NOx, PM10, PM2.5, SO2, SOx	Factor de emisión	1	EMEP/EEA-Guía 2019	PARTE B CH1.A.3d
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.d. Navegación doméstica			Diésel marino, Fuel oil, Gasolina	CH4, N2O	Factor de emisión	1	IPCC-Directrices 2006	CU3.5.3 VL2 CH3
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.d. Navegación doméstica			Diésel marino, Fuel oil, Gasolina	CO2	Factor de emisión	2	UPME-Excel_FECOC_2016_REV_GLP_Vers_usuario	FECOC - UPME Excel_FECOC_2016_REV_GLP_Vers_usuario

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.e. Otro transporte	1.A.3.e.i. Transporte por tuberia		Diésel marino, Fuel oil, Gasolina	CN, CO, COVDM, NOx, PM10, PM2.5, SOx	Factor de emisión	1	EMEP/EEA-Guía 2019	Part B Ch1A4-Table 3.8 3.9
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.e. Otro transporte	1.A.3.e.i. Transporte por tuberia		Diésel oil, Gas Natural, Petróleo	CO2	Factor de emisión	2	UPME-FECOC 2016	Excel_FECOC_2016_REV_GLP_Vers_usuario
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.3. Transporte	1.A.3.e. Otro transporte	1.A.3.e.i. Transporte por tuberia		Diésel oil, Gas Natural, Petróleo	CH4, N2O	Factor de emisión	1	IPCC-Directrices 2006	CU2.2 VL2 CH2
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.4. Otros sectores	1.A.4.a. Comercial/institucional	1.A.4.a.i. Estacionaria		Biogás, Gas natural, GLP	CN, CO, COVDM, NOx, PM10, PM2.5, SOx	Factor de emisión	1	EMEP/EEA-Guía 2019	PARTE B CH1A4-TA 3.8
1. Energía	1.A. Actividades de quema de	1.A.4. Otros sectores	1.A.4.a. Comercial/institucional	1.A.4.a.i. Estacionaria		Biogás, Gas natural, GLP	CH4, N2O	Factor de emisión	1	IPCC-Directrices 2006	CU2.5 VL2 CH2

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
	combustibles										
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.4. Otros sectores	1.A.4.a. Comercial/institucional	1.A.4.a.i. Estacionaria		Biogás, Gas natural, GLP, Metano	CO2	Factor de emisión	2	UPME-FECOC	FECOC - UPME Excel_FECOC_2016_REV_GLP_Vers_usuario
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.4. Otros sectores	1.A.4.b. Residencial	1.A.4.b.i. Estacionaria		Carbón mineral, Carbón vegetal, Gas natural, Gasolina, GLP, Leña, Querosene	CN, CO, COVDM, NH3, NOx, PM10, PM2.5, SOx	Factor de emisión	1	EMEP/EEA-Guía 2019	PART B CH1A4-TA 3.3-3.6
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.4. Otros sectores	1.A.4.b. Residencial	1.A.4.b.i. Estacionaria		Carbón mineral, Carbón vegetal, Gas natural, Gasolina, GLP, Leña, Querosene	CH4, N2O, CO2	Factor de emisión	1	IPCC-Directrices 2006	CU2.5 VL2 CH2
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.4. Otros sectores	1.A.4.b. Residencial	1.A.4.b.i. Estacionaria		Carbón mineral, Gas natural, Gasolina, GLP, Leña, Querosene	CO2	Factor de emisión	2	UPME-FECOC	FECOC - UPME Excel_FECOC_2016_REV_GLP_Vers_usuario

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.4. Otros sectores	1.A.4.c. Agricultura/silvicultura/pesca	1.A.4.c.i. Estacionario		Bagazo, Diésel oil, Gas natural, Gasolina, Leña	CN, CO, COVDM, NH3, NOx, PM10, PM2.5, SOx	Factor de emisión	1	EMEP/EEA-Guía 2019	PARTE B CH1A4-TA 3.7-3.10
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.4. Otros sectores	1.A.4.c. Agricultura/silvicultura/pesca	1.A.4.c.i. Estacionario		Bagazo, Diésel oil, Gas natural, Gasolina, Leña	CH4, N2O	Factor de emisión	1	IPCC-Directrices 2006	CU2.5 VL2 CH2
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.4. Otros sectores	1.A.4.c. Agricultura/silvicultura/pesca	1.A.4.c.i. Estacionario		Bagazo, Diésel oil, Gas natural, Gasolina, Leña	CO2	Factor de emisión	2	UPME-FECOC	FECOC - UPME Excel_FECOC_2016_REV_GLP_Vers_usuario
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.4. Otros sectores	1.A.4.c. Agricultura/silvicultura/pesca	1.A.4.c.ii. Móviles (Vehículos todoterreno y otra maquinaria)		Diésel oil	CN, CO, HC, NH3, NOx, PM10, PM2.5	Factor de emisión	1	EMEP/EEA-Guía 2019	Part B Ch1A2-Tb 3-6
1. Energía	1.A. Actividades de quema de	1.A.4. Otros sectores	1.A.4.c. Agricultura/silvicultura/pesca	1.A.4.c.ii. Móviles (Vehículos todoterreno y otra maquinaria)		Diésel oil	COVDM	Factor de emisión	1	EMEP/EEA-Guía 2020	Part B Ch1A2-Tb 3-2

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
	combustibles										
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.4. Otros sectores	1.A.4.c. Agricultura/silvicultura/pesca	1.A.4.c.ii. Móviles (Vehículos todoterreno y otra maquinaria)		Diésel oil	CH4, N2O	Factor de emisión	1	IPCC-Directrices 2006	Cu3.3.1 Vl2 Ch3
1. Energía	1.A. Actividades de quema de combustibles	1.A.4. Otros sectores	1.A.4.c. Agricultura/silvicultura/pesca	1.A.4.c.ii. Móviles (Vehículos todoterreno y otra maquinaria)		Diésel oil	CO2	Factor de emisión	2	UPME-FECOC 2016	FECOC-Excel
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.1. Combustibles sólidos	1.B.1.a. Minería carbonífera y manejo del carbón.	1.B.1.a.i Minas subterráneas		Mineria subterranea	COVDM, PM10, PM2.5	Factor de emisión	1	EMEP/EEA-Guía 2019	Tabla 3-2
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.1. Combustibles sólidos	1.B.1.a. Minería carbonífera y manejo del carbón.	1.B.1.a.i Minas subterráneas	1.B.1.a.i. 1. Minería	Mineria subterranea	CO2	Factor de emisión	1	IPCC-Refinamiento 2019	VL2 CH4

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.1. Combustibles sólidos	1.B.1.a. Minería carbonífera y manejo del carbón.	1.B.1.a.i Minas subterráneas	1.B.1.a.i.1. Minería	Mineria subterranea	CH4	Factor de emisión	2	UPME, SGC	Estudio FE emisiones Fugitivas
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.1. Combustibles sólidos	1.B.1.a. Minería carbonífera y manejo del carbón.	1.B.1.a.i Minas subterráneas	1.B.1.a.i.2. Emisiones posteriores a la minería	Mineria subterranea	CO2	Factor de emisión	1	IPCC-EFDB	Aplicativo web
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.1. Combustibles sólidos	1.B.1.a. Minería carbonífera y manejo del carbón.	1.B.1.a.i Minas subterráneas	1.B.1.a.i.2. Emisiones posteriores a la minería	Mineria subterranea	CH4	Factor de emisión	2	UPME, SGC	Estudio FE emisiones Fugitivas
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.1. Combustibles sólidos	1.B.1.a. Minería carbonífera y manejo del carbón.	1.B.1.a.ii. Minas de superficie		Mineria de superficie	COVDM, PM10, PM2.5	Factor de emisión	1	EMEP/EEA-Guía 2019	Tabla 3-2

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.1. Combustibles sólidos	1.B.1.a. Minería carbonífera y manejo del carbón.	1.B.1.a.ii. Minas de superficie	1.B.1.a.ii.1. Minería	Mineria de superficie	CO2	Factor de emisión	1	IPCC-Refinamiento 2019	VL2 CH4
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.1. Combustibles sólidos	1.B.1.a. Minería carbonífera y manejo del carbón.	1.B.1.a.ii. Minas de superficie	1.B.1.a.ii.1. Minería	Mineria de superficie	CH4	Factor de emisión	2	UPME-SGC, 2016	Estudio FE emisiones Fugitivas
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.1. Combustibles sólidos	1.B.1.a. Minería carbonífera y manejo del carbón.	1.B.1.a.ii. Minas de superficie	1.B.1.a.ii.2. Emisiones posteriores a la minería	Mineria de superficie	CH4	Factor de emisión	2	UPME-SGC, 2016	Estudio FE emisiones Fugitivas
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.1. Combustibles sólidos	1.B.1.b. Transformación de combustible	1.B.1.b.i. Producción de carbón vegetal y biocarbón		Producción coque	CN, CO, COVDM, NH3, NOx, PM10, PM2.5, SOx	Factor de emisión	1	EMEP/EEA-Guía 2019	Tabla 3-1

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	1.B.2.a. Petróleo	1.B.2.a.ii. Producción y modernización		Producción de petróleo	CH4, CO2	Factor de emisión	2	ANH, 2023	Propio
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	1.B.2.a. Petróleo	1.B.2.a.ii. Producción y modernización		Producción de petróleo	CH4, CO2	Factor de emisión	2	Ideam, 2026	Propio
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	1.B.2.a. Petróleo	1.B.2.a.ii. Producción y modernización		Producción de petróleo	COVDM	Factor de emisión	1	IPCC-Refinamiento 2019	Tabla 4.2.4A

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	1.B.2.a. Petróleo	1.B.2.a.iii. Transporte		Transporte por oleoducto	CH4, CO2, COVDM	Factor de emisión	1	IPCC-Refinamiento 2019	Tabla 4.2.4A
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	1.B.2.a. Petróleo	1.B.2.a.iv. Refinamiento y almacenamiento		Refinación	CO, NOx, SOx	Factor de emisión	1	EMEP/EEA-Guía 2019	Tabla 3-1
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	1.B.2.a. Petróleo	1.B.2.a.iv. Refinamiento y almacenamiento		Gas quemado	CN, CO, NOx, PM10, PM2.5, SOx	Factor de emisión	1	EMEP/EEA-Guía 2019	Tabla 3-1

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	1.B.2.a. Petróleo	1.B.2.a.iv. Refinamiento y almacenamiento		Refinación	CH4, CO2, COVDM	Factor de emisión	1	IPCC-Refinamiento 2019	Tabla 4.2.4c
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	1.B.2.a. Petróleo	1.B.2.a.iv. Refinamiento y almacenamiento		Refinación	CO, COVDM, NOx, PM10, PM2.5, SOx	Factor de emisión	1	EMEP/EEA-Guía 2019	Tabla 3-1
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	1.B.2.b. Gas natural	1.B.2.b.ii. Producción y recolección		Producción de gas	CH4, CO2	Factor de emisión	2, 3	ANH, 2023	Propio

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	1.B.2.b. Gas natural	1.B.2.b.ii. Producción y recolección		Producción de gas	CH4, CO2	Factor de emisión	2	Ideam, 2026	Propio
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	1.B.2.b. Gas natural	1.B.2.b.ii. Producción y recolección		Producción de gas	COVDM	Factor de emisión	1	IPCC-Refinamiento 2019	Tabla 4.2.4G
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	1.B.2.b. Gas natural	1.B.2.b.iii. Procesamiento		Plantas de gas	CH4, CO2	Factor de emisión	2, 3	ANH, 2023	Propio

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	1.B.2.b. Gas natural	1.B.2.b.iii. Procesamiento		Plantas de gas	CH4, CO2	Factor de emisión	2	Ideam, 2026	Propio
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	1.B.2.b. Gas natural	1.B.2.b.iii. Procesamiento		Plantas de gas	COVDM	Factor de emisión	1	IPCC-Refinamiento 2019	Tabla 4.2.4G
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	1.B.2.b. Gas natural	1.B.2.b.iv. Transmisión y Almacenamiento		Gas natural comercializable	CH4, CO2, COVDM	Factor de emisión	1	IPCC-Refinamiento 2019	Tabla 4.2.4.I

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	1.B.2.b. Gas natural	1.B.2.b.v. Distribución		Distribución de gas	CH4, CO2	Factor de emisión	1	IPCC-Refinamiento 2019	Tabla 4.2.4J
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	1.B.2.b. Gas natural	1.B.2.b.v. Distribución		Distribución de gas	COVDM	Factor de emisión	1	IPCC-Refinamiento 2019	Tabla 4.2.4J
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	1.B.2.c. Venteo y quema en antorcha	1.B.2.c.i. Venteo	1.B.2.c.i.1. Petróleo	Pozos de crudo perforados, Producción de petróleo	CH4, COVDM, CO2	Factor de emisión	1	IPCC-Refinamiento 2019	Tabla 4.2.4A

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	1.B.2.c. Venteo y quema en antorcha	1.B.2.c.i. Venteo	1.B.2.c.i.2. Gas	Gas natural comercializable, Plantas de gas, Pozos de gas perforados, Producción de gas	CH4, CO2, COVDM	Factor de emisión	1	IPCC-Refinamiento 2019	Tabla 4.2.4I, Tabla 4.2.4H, Tabla 4.2.4F, Tabla 4.2.4G
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	1.B.2.c. Venteo y quema en antorcha	1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	1.B.2.c.ii.1. Petróleo	Producción de petróleo	CH4, CO2, N2O	Factor de emisión	2, 3	ANH, 2023	Propio
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	1.B.2.c. Venteo y quema en antorcha	1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	1.B.2.c.ii.1. Petróleo	Producción de petróleo	CH4, CO2, N2O	Factor de emisión	2	Ideam, 2026	Propio

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	1.B.2.c. Venteo y quema en antorcha	1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	1.B.2.c.ii.1. Petróleo	Pozos de crudo perforados, Producción de petróleo, Refinación	CH4, CO2, COVDM, N2O	Factor de emisión	1	IPCC-Refinamiento 2019	Tabla 4.2.4, Tabla 4.2.4A, Tabla 4.2.4c
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	1.B.2.c. Venteo y quema en antorcha	1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	1.B.2.c.ii.2. Gas	Plantas de gas, Producción de gas	CH4, CO2, N2O	Factor de emisión	2, 3	ANH, 2023	Propio
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	1.B.2.c. Venteo y quema en antorcha	1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	1.B.2.c.ii.2. Gas	Plantas de gas, Producción de gas	CH4, CO2, N2O	Factor de emisión	2	Ideam, 2026	Propio

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
1. Energía	1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	1.B.2.c. Venteo y quema en antorcha	1.B.2.c.ii. Quema en antorcha	1.B.2.c.ii.2. Gas	Gas natural comercializable, Plantas de gas, Pozos de gas perforados	CO2, COVDM, CH4, N2O	Factor de emisión	1	IPCC-Refinamiento 2019	Tabla 4.2.4H, Tabla 4.2.4F
1. Energía	1.D. Aviación internacional y navegación internacional (bunkers internacionales) y operaciones multilaterales	1.D.1. Bunkers internacionales	1.D.1.a. Aviación internacional (Aviación Bunker)			Avigas, Jet-A1	PM10, PM2.5	Factor de emisión	1	Annual Danish Informative Inventory Report to UNECE-Annual Danish Informative Inventory Report to UNECE	Annual Danish Informative Inventory Report to UNECE
1. Energía	1.D. Aviación internacional y navegación internacional	1.D.1. Bunkers internacionales	1.D.1.a. Aviación internacional (Aviación Bunker)			Avigas, Jet-A1	CN, CO, COVDM, NOx, SOx	Factor de emisión	1	EMEP/EEA-Guía 2019	Anexo 3, TA3.3

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
	(bunkers internacionales) y operaciones multilaterales										
1. Energía	1.D. Aviación internacional y navegación internacional (bunkers internacionales) y operaciones multilaterales	1.D.1. Bunkers internacionales	1.D.1.a. Aviación internacional (Aviación Bunker)			Avigas, Jet-A1	CH4, N2O	Factor de emisión	1	IPCC-Directrices 2006	Guias IPCC 2006
1. Energía	1.D. Aviación internacional y navegación internacional (bunkers internacionales)	1.D.1. Bunkers internacionales	1.D.1.a. Aviación internacional (Aviación Bunker)			Avigas, Jet-A1	CO2	Factor de emisión	2	UPME-FECOC 2016	FECOC - UPME Excel_FECOC_2016_REV_GLP_Vers_usuario

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
	y operaciones multilaterales										
1. Energía	1.D. Aviación internacional y navegación internacional (bunkers internacionales) y operaciones multilaterales	1.D.1. Bunkers internacionales	1.D.1.b. Navegación Internacional (Navegación Bunker)			Diésel marino, Fuel oil, Gasolina	CN, CO, COVDM, NOx, PM10, PM2.5, SO2, SOx	Factor de emisión	1	EMEP/EEA-Guía 2019	PARTE B CH1.A.3d
1. Energía	1.D. Aviación internacional y navegación internacional (bunkers internacionales) y operaciones	1.D.1. Bunkers internacionales	1.D.1.b. Navegación Internacional (Navegación Bunker)			Diésel marino, Fuel oil, Gasolina	CH4, N2O	Factor de emisión	1	IPCC-Directrices 2006	CU3.5.3 VL2 CH3

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
	multilaterales										
1. Energía	1.D. Aviación internacional y navegación internacional (bunkers internacionales) y operaciones multilaterales	1.D.1. Bunkers internacionales	1.D.1.b. Navegación Internacional (Navegación Bunker)			Diésel marino, Fuel oil, Gasolina	CO2	Factor de emisión	2	UPME-Excel_FECOC_2016_REV_GLP_Vers_usuario	FECOC - UPME Excel_FECOC_2016_REV_GLP_Vers_usuario
2. IPPU	2.A. Industria de los minerales	2.A.1. Producción de cemento				Clinker nacional	CO2	Factor de emisión	1	WBCSD	WBCSD
2. IPPU	2.A. Industria de los minerales	2.A.1. Producción de cemento				Clinker nacional	CO2	Factor de emisión	1	FICEM	Reporte 2015

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
2. IPPU	2.A. Industria de los minerales	2.A.1. Producción de cemento				Clinker nacional	CN, PM10, PM2.5	Factor de emisión	1	EMEP/EEA-Guía 2019	Parte B Ch2 2A Tabla 3.1
2. IPPU	2.A. Industria de los minerales	2.A.2. Producción de cal				Cal hidratada, Cal viva, Dolomita elaborada	CO2	Factor de emisión	2	IPCC-Directrices 2006	V3 Ch2 Cuadro 2.4
2. IPPU	2.A. Industria de los minerales	2.A.2. Producción de cal				Cal viva, Dolomita elaborada	CN, PM10, PM2.5	Factor de emisión	1	EMEP/EEA-Guía 2019	Parte B Ch2 2A Tabla 3.1
2. IPPU	2.A. Industria de los minerales	2.A.3. Producción de vidrio				Botellas, Fibra de vidrio, Vidrio plano sin biselar ni azogar	CO2	Factor de emisión	2	IPCC-Directrices 2006	V3 Ch2 Cuadro 2.6
2. IPPU	2.A. Industria de los minerales	2.A.3. Producción de vidrio				Botellas, Fibra de vidrio, Vidrio plano sin biselar ni azogar,	CN, PM10, PM2.5	Factor de emisión	2	EMEP/EEA-Guía 2019	Parte B Ch2 2A Tabla 3.3, Parte B Ch2 2A Tabla 3.4, Parte B Ch2 2A Tabla 3.2, Parte B Ch2 2A
2. IPPU	2.A. Industria de los minerales	2.A.4. Otros usos industriales de los	2.A.4.b. Otros usos de la ceniza de sosa			Carbonato de sodio-soda ash	CO2	Factor de emisión	1	IPCC-Directrices 2006	V3 Ch2 Cuadro 2.1

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
		carbonatos									
2. IPPU	2.A. Industria de los minerales	2.A.5. Otros	2.A.5.a. Cantería y minería de minerales diferentes al carbón				PM10, PM2.5	Factor de emisión	1	EMEP/EEA-Guía 2019	Parte B Ch2 2A 2A5a Tabla 3-1
2. IPPU	2.A. Industria de los minerales	2.A.5. Otros	2.A.5.b. Construcción y demoliciones			Apartamentos, Casas, Construcciones no residenciales	PM10, PM2.5	Factor de emisión	1	EMEP/EEA-Guía 2019	Parte B Ch2 2A 2A5b Tabla 3.2, Parte B Ch2 2A 2A5b Tabla 3.1, Parte B Ch2 2A 2A5b Tabla 3.3
2. IPPU	2.B. Industria química	2.B.1. Producción de amoníaco				Amoniaco	CO2	Factor de emisión		IPCC-Directrices 2006	V3 Ch3 Cuadro 3.1, V3 Ch3 Ec. 3.1
2. IPPU	2.B. Industria química	2.B.1. Producción de amoníaco				Amoniaco	CO, NH3, NOx	Factor de emisión	1	EMEP/EEA-Guía 2019	Parte B Ch2 2B Tabla 3.2
2. IPPU	2.B. Industria química	2.B.2. Producción de ácido nítrico				Ácido nítrico	NOx	Factor de emisión	1	EMEP/EEA-Guía 2019	Parte B Ch2 2B Tabla 3.3

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
2. IPPU	2.B. Industria química	2.B.2. Producción de ácido nítrico				Ácido nítrico	N2O	Factor de emisión	3	South Pole-Proyecto NACAG	Solicitud de información
2. IPPU	2.B. Industria química	2.B.2. Producción de ácido nítrico				Ácido nítrico	N2O	Factor de emisión	3	Empresa específica por planta (4 plantas)	Solicitud de información empresa específica
2. IPPU	2.B. Industria química	2.B.4. Producción de caprolactama, glioxal y ácido glioxílico	2.B.4.a. Caprolactama			Caprolactama	N2O	Factor de emisión	1	IPCC-Directrices 2006	V3 Ch3 Cuadro 3,5
2. IPPU	2.B. Industria química	2.B.8. Producción petroquímica y de negro de humo	2.B.8.b. Etileno			Etileno	CH4, CO2	Factor de emisión	1	IPCC-Directrices 2006	V3 Ch3 Cuadro 3.16, V3 Ch3 Cuadro 3.14, V3 Ch3 Cuadro 3.15
2. IPPU	2.B. Industria química	2.B.8. Producción petroquímica y de negro	2.B.8.b. Etileno			Etileno	COVDM	Factor de emisión	2	EMEP/EEA-Guía 2019	Parte B Ch2 2B Tabla 3.36

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
		de humo									
2. IPPU	2.B. Industria química	2.B.8. Producción petroquímica y de negro de humo	2.B.8.c. Dicloruro de etileno y monómero de cloruro de vinilo			Cloruro de polivinilo	CH4, CO2	Factor de emisión	1	IPCC-Directrices 2006	V3 Ch3 Cuadro 3.19, V3 Ch3 Cuadro 3.17
2. IPPU	2.B. Industria química	2.B.8. Producción petroquímica y de negro de humo	2.B.8.c. Dicloruro de etileno y monómero de cloruro de vinilo			Cloruro de polivinilo	COVDM, PM10, PM2.5	Factor de emisión	2	EMEP/EEA-Guía 2019	Parte B Ch2 2B Tabla 3.41
2. IPPU	2.B. Industria química	2.B.8. Producción petroquímica y de negro de humo	2.B.8.f. Negro de humo			Cloruro de polivinilo	CH4, CO2	Factor de emisión	1	IPCC-Directrices 2006	V3 Ch3 Cuadro 3.24, V3 Ch3 Cuadro 3.23

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
2. IPPU	2.B. Industria química	2.B.8. Producción petroquímica y de negro de humo	2.B.8.f. Negro de humo			Nnegro de humo	CN, CO, COVDM, NOx, PM10, PM2.5, SOx	Factor de emisión	2	EMEP/EEA-Guía 2019	Parte B Ch2 2B Tabla 3.30
2. IPPU	2.B. Industria química	2.B.11. Otros	2.B.11.a. Polietileno			Polietileno	COVDM	Factor de emisión	2	EMEP/EEA-Guía 2019	Parte B Ch2 2B Tabla 3.39
2. IPPU	2.B. Industria química	2.B.11. Otros	2.B.11.b. Poliestireno			Poliestireno	COVDM	Factor de emisión	2	EMEP/EEA-Guía 2019	Parte B Ch2 2B Tabla 3.47
2. IPPU	2.B. Industria química	2.B.11. Otros	2.B.11.c. Polipropileno			Polipropileno	COVDM	Factor de emisión	2	EMEP/EEA-Guía 2019	Parte B Ch2 2B Tabla 3.47
2. IPPU	2.B. Industria química	2.B.11. Otros	2.B.11.d. Formaldehído			Formaldehído	CO, COVDM	Factor de emisión	2	EMEP/EEA-Guía 2019	Parte B Ch2 2B Tabla 3.54
2. IPPU	2.B. Industria química	2.B.11. Otros	2.B.11.e. Ácido sulfúrico			Ácido sulfúrico	SOx	Factor de emisión	2	EMEP/EEA-Guía 2019	Parte B Ch2 2B Tabla 3.22
2. IPPU	2.B. Industri	2.B.11. Otros	2.B.11.f. Anhídro ftálico			Ácido ftálico	COVDM	Factor de emisión	2	EMEP/EEA-Guía 2019	Parte B Ch2 2B Tabla 3.57

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
	a química										
2. IPPU	2.C. Industria de los metales	2.C.1. Producción de hierro y acero	2.C.1.a. acero			Acero BOF, Acero EAF	CO2	Factor de emisión	1	IPCC-Directrices 2006	V3 CH4 Cuadro 4.1
2. IPPU	2.C. Industria de los metales	2.C.1. Producción de hierro y acero	2.C.1.a. acero			Acero BOF, Acero EAF	CN, CO, NOx, PM10, PM2.5, COVDM, SO2	Factor de emisión	2	EMEP/EEA-Guía 2019	Parte B Ch2 2C1 Tabla 3.14, Parte B Ch2 2C1 Tabla 3.15
2. IPPU	2.C. Industria de los metales	2.C.1. Producción de hierro y acero	2.C.1.b. Fundición en bruto (Arrabio)			Arrabio	CN, PM10, PM2.5	Factor de emisión	2	EMEP/EEA-Guía 2019	Parte B Ch2 2C1 Tabla 3.8
2. IPPU	2.C. Industria de los metales	2.C.1. Producción de hierro y acero	2.C.1.d. Sinterizado			Sinterizado	CH4, CO2	Factor de emisión	1	IPCC-Directrices 2006	V3 CH4 Cuadro 4.2, V3 CH4 Cuadro 4.1
2. IPPU	2.C. Industria de los metales	2.C.1. Producción de hierro y acero	2.C.1.d. Sinterizado			Sinterizado	CN, COVDM, PM10, PM2.5	Factor de emisión	2	EMEP/EEA-Guía 2019	Parte B Ch2 2C1 Tabla 3.2
2. IPPU	2.C. Industri	2.C.2. Producción de				Ferroníquel	CO2	Factor de emisión	1	Empresa específica del sector	Solicitud a empresa

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
	a de los metales	ferroaleaciones									
2. IPPU	2.C. Industria de los metales	2.C.2. Producción de ferroaleaciones				Ferroníquel	CN, PM10, PM2.5	Factor de emisión	1	EMEP/EEA-Guía 2019	Parte B Ch2 2C2 Tabla 3.1
2. IPPU	2.C. Industria de los metales	2.C.5. Producción de plomo				Plomo secundario	CO2	Factor de emisión	1	IPCC-Directrices 2006	V3 Ch4 Cuadro 4,21
2. IPPU	2.C. Industria de los metales	2.C.5. Producción de plomo				Plomo secundario	PM10, PM2.5, SOx	Factor de emisión	1	EMEP/EEA-Guía 2019	Parte B Ch2 2C5 Tabla 3.1
2. IPPU	2.D. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente	2.D.1. Uso de lubricantes				Aceites lubricantes, Grasas lubricantes, Lubricantes,	CO2 – Contenido de carbono CO2 – Factor ODU	Factor de emisión	1	IPCC-Directrices 2006	V2 Ch1 Cuadro 1.3, V3 Ch5 Cuadro 5,2, V2 Ch1 Cuadro 1.2, V3 Ch5
2. IPPU	2.D. Uso de productos no energéticos de combustibles y	2.D.2. Uso de cera de parafina				Cera de parafina	CO2 – Contenido de carbono CO2 – Factor ODU	Factor de emisión		IPCC-Directrices 2006	V2 Ch1 Cuadro 1.3, V3 Ch5 Cuadro 5,2, V2 Ch1 Cuadro 1.2

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
	de solvente										
2. IPPU	2.D. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente	2.D.3. Otros	2.D.3.a. Otros	2.D.3.a.i. Uso de disolventes		Impermeabilizantes asfálticos	COVDM	Factor de emisión	2a	EMEP/EEA-Guía 2019	Parte B Ch2 2D3 2D3a Tabla 3.2
2. IPPU	2.D. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente	2.D.3. Otros	2.D.3.a. Otros	2.D.3.a.iv. Otros	2.D.3.a.iv.2. Desengrasantes	Desengrasantes	COVDM	Factor de emisión	1	EMEP/EEA-Guía 2019	Parte B Ch2 2D3 2D3e Tabla 3.1
2. IPPU	2.D. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente	2.D.3. Otros	2.D.3.a. Otros	2.D.3.a.iv. Otros	2.D.3.a.iv.5. Impresión	Flexografía, Offset	COVDM	Factor de emisión	2	EMEP/EEA-Guía 2019	Parte B Ch2 2D3 2D3h Tabla 3.5, Parte B Ch2 2D3 2D3h Tabla 3.2

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
2. IPPU	2.D. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente	2.D.3. Otros	2.D.3.a. Otros	2.D.3.a.iv. Otros	2.D.3.a.iv.6. Otros usos de solventes y de productos	Adhesivos	COVDM	Factor de emisión	2	EMEP/EEA-Guía 2019	Parte B Ch2 2D3 2D3i Tabla 3.11
2. IPPU	2.F. Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO)	2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	2.F.1.a. Refrigeración comercial			Contaminante	HFC-PFC	Vida media del equipo Factor de emisión en subaplicaciones RAC % De sustancias destruida al final de la vida util del equipo	1a	Directrices IPCC 2006 Directrices IPCC 2006 UTO	V3 Ch7 numeral 7.5.2.1

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
2. IPPU	2.F. Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO)	2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	2.F.1.b. Refrigeración doméstica			Contaminante	HFC-PFC	Vida media del equipo Factor de emisión en subaplicaciones RAC % De sustancias destruida al final de la vida util del equipo	1a	Directrices IPCC 2006 Directrices IPCC 2006 UTO	V3 Ch7 numeral 7.5.2.1
2. IPPU	2.F. Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO)	2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	2.F.1.c. Refrigeración industrial			Contaminante	HFC-PFC	Vida media del equipo Factor de emisión en subaplicaciones RAC % De sustancias destruida al final de la vida util	1a	Directrices IPCC 2006 Directrices IPCC 2006 UTO	V3 Ch7 numeral 7.5.2.1

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
								del equipo			
2. IPPU	2.F. Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO)	2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	2.F.1.d. Transporte refrigerado			Contaminante	HFC-PFC	Vida media del equipo Factor de emisión en subaplicaciones RAC % De sustancias destruida al final de la vida util del equipo	1a	Directrices IPCC 2006 Directrices IPCC 2006 UTO	V3 Ch7 numeral 7.5.2.1

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
2. IPPU	2.F. Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO)	2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	2.F.1.e. Aire acondicionado móvil			Contaminante	HFC-PFC	Vida media del equipo Factor de emisión en subaplicaciones RAC % De sustancias destruida al final de la vida util del equipo	1a	Directrices IPCC 2006 Directrices IPCC 2006 UTO	V3 Ch7 numeral 7.5.2.1
2. IPPU	2.F. Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO)	2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	2.F.1.f. Aire acondicionado estacionario			Contaminante	HFC-PFC	Vida media del equipo Factor de emisión en subaplicaciones RAC % De sustancias destruida al final de la vida util	1a	Directrices IPCC 2006 Directrices IPCC 2006 UTO	V3 Ch7 numeral 7.5.2.1

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
								del equipo			
2. IPPU	2.F. Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO)	2.F.2. Agentes espumantes	2.F.2.a. Celdas cerradas			Contaminante	HFC	NA	NA	NA	NA
2. IPPU	2.F. Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO)	2.F.3. Protección contra incendios				Contaminante	HFC	Vida media del equipo Factor de emisión en subaplicaciones RAC % De sustancias destruida al final	1a	Directrices IPCC 2006 Directrices IPCC 2006 UTO	V3 Ch7 numeral 7.6.2.2

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
								de la vida util del equipo			
2. IPPU	2.F. Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO)	2.F.4. Aerosoles	2.F.4.a. Inhaladores dosificadores			Contaminante	HFC	Factor de emisión	1a	Directrices IPCC 2006	V 3 Ch 7 numeral 7.3.2.2
2. IPPU	2.F. Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO)	2.F.4. Aerosoles	2.F.4.b. Otros			Contaminante	HFC	Factor de emisión	1a	Directrices IPCC 2006	V 3 Ch 7 numeral 7.3.2.2

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
2. IPPU	2.F. Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO)	2.F.5. Solventes				Contaminante	HFC	Factor de emisión	1a	Directrices IPCC 2006	V 3 Ch 7 numeral 7.2.2.2
2. IPPU	2.F. Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO)	2.F.6. Otras aplicaciones	2.F.6.a. Emisivo			Contaminante	HFC	Factor de emisión	1a	Directrices IPCC 2006	V 3 Ch 7 numeral 7.7.2.2
2. IPPU	2.G. Manufactura y utilización de otros productos	2.G.1. Equipos elecrónicos					SF6	Factor de emisión	1	Banco Mundial Dato extrapolado	Banco Mundial Dato extrapolado

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
2. IPPU	2.H. Otros	2.H.1. Industria de pulpa y papel				Pulpa	CN, CO, COVDM, NOx, PM10, PM2.5, SO2	Factor de emisión	1	EMEP/EEA-Guía 2019	Parte B Ch2 2H1 Tabla 3.1
2. IPPU	2.H. Otros	2.H.2. Industria de alimentos y bebidas				Grupo industrial	COVDM	Factor de emisión	2	EMEP/EEA-Guía 2019	Parte B Ch2 2H2 Tabla 3.20, Parte B Ch2 2H2 Tabla 3.28, Parte B Ch2 2H2 Tabla 3.31, Parte B Ch2 2H2 Tabla 3.23, Parte B Ch2 2H2 Tabla 3.19, Parte B Ch2 2H2 Tabla 3.27, Parte B Ch2 2H2 Tabla 3.22, Parte B Ch2 2H2 Tabla 3.21, Parte B Ch2 2H2 Tabla 3.12, Parte B Ch2 2H2 Tabla 3.18, Parte B Ch2 2H2 Tabla 3.26, Parte B Ch2 2H2 Tabla 3.25, Parte B Ch2 2H2 Tabla 3.30
3. Agricultura	3.A. Fermentación entérica	3.A.1. Bovinos	3.A.1.a. Otro	3.A.1.a.iv. Otros	3.A.1.a.iv.1. Vacas de alta producción	Regiones ganaderas	CH4	Factor de emisión	2	Proyecto Biocarbono Orinoquia	
3. Agricultura	3.A. Fermen	3.A.1. Bovinos	3.A.1.a. Otro	3.A.1.a.iv. Otros	3.A.1.a.iv.2. Vacas de	Regiones ganaderas	CH4	Factor de emisión	2	Proyecto Biocarbono Orinoquia	

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
	tación entérica				baja producción						
3. Agricultura	3.A. Fermentación entérica	3.A.1. Bovinos	3.A.1.a. Otro	3.A.1.a.iv. Otros	3.A.1.a.iv.3. Vacas para producción de carne	Regiones ganaderas	CH4	Factor de emisión	2	Proyecto Biocarbono Orinoquia	
3. Agricultura	3.A. Fermentación entérica	3.A.1. Bovinos	3.A.1.a. Otro	3.A.1.a.iv. Otros	3.A.1.a.iv.4. Toros utilizados con fines reproductivos	Regiones ganaderas	CH4	Factor de emisión	2	Proyecto Biocarbono Orinoquia	
3. Agricultura	3.A. Fermentación entérica	3.A.1. Bovinos	3.A.1.a. Otro	3.A.1.a.iv. Otros	3.A.1.a.iv.5. Terneros pre-destetos	Regiones ganaderas	CH4	Factor de emisión	2	Proyecto Biocarbono Orinoquia	
3. Agricultura	3.A. Fermentación entérica	3.A.1. Bovinos	3.A.1.a. Otro	3.A.1.a.iv. Otros	3.A.1.a.iv.6. Novillas de reemplazo	Regiones ganaderas	CH4	Factor de emisión	2	Proyecto Biocarbono Orinoquia	

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
3. Agricultura	3.A. Fermentación entérica	3.A.1. Bovinos	3.A.1.a. Otro	3.A.1.a.iv. Otros	3.A.1.a.iv.7. Ganado de engorde	Regiones ganaderas	CH4	Factor de emisión	2	Proyecto Biocarbono Orinoquia	
3. Agricultura	3.A. Fermentación entérica	3.A.2. Ovinos	3.A.2.a. Otro	3.A.2.a.i. Ovinos			CH4	Factor de emisión	1	IPCC, 2019. V4, Ch10	Cuadro 10.10
3. Agricultura	3.A. Fermentación entérica	3.A.3. Porcinos	3.A.3.a. Otro	3.A.3.a.i. Porcinos < 6 meses			CH4	Factor de emisión	1	IPCC, 2019. V4, Ch10	Cuadro 10.10
3. Agricultura	3.A. Fermentación entérica	3.A.3. Porcinos	3.A.3.a. Otro	3.A.3.a.ii. Porcinos > 6 meses			CH4	Factor de emisión	1	IPCC, 2019. V4, Ch10	Cuadro 10.10
3. Agricultura	3.A. Fermentación entérica	3.A.3. Porcinos	3.A.3.a. Otro	3.A.3.a.iii. Porcinos baja productividad			CH4	Factor de emisión	1	IPCC, 2019. V4, Ch10	Cuadro 10.10
3. Agricultura	3.A. Fermentación entérica	3.A.4. Otro ganado	3.A.4.a. Búfalos				CH4	Factor de emisión	1	IPCC, 2019. V4, Ch10	Cuadro 10.10
3. Agricultura	3.A. Fermentación entérica	3.A.4. Otro ganado	3.A.4.d. Caprinos				CH4	Factor de emisión	1	IPCC, 2019. V4, Ch10	Cuadro 10.10

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
3. Agricultura	3.A. Fermentación entérica	3.A.4. Otro ganado	3.A.4.e. Caballos				CH4	Factor de emisión	1	IPCC, 2019. V4, Ch10	Cuadro 10.10
3. Agricultura	3.A. Fermentación entérica	3.A.4. Otro ganado	3.A.4.f. Mulas y asnos				CH4	Factor de emisión	1	IPCC, 2019. V4, Ch10	Cuadro 10.10
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.1. Bovinos	3.B.1.a. Otro	3.B.1.a.iv. Otros	3.B.1.a.iv.1. Vacas de alta Producción	Regiones ganaderas Nacional Nacionales	CH4 N2O NH3; NOx; COVDM; PM10; PM2.5	Factor de emisión	2 1 1	Proyecto Biocarbono Orinoquia IPCC, 2019. V4, Ch10 EMEP/EEA, 2023. Part B, 3B	Cuadro 10.21 Cuadro 3-2
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.1. Bovinos	3.B.1.a. Otro	3.B.1.a.iv. Otros	3.B.1.a.iv.2. Vacas de baja Producción	Regiones ganaderas Nacional Nacionales	CH4 N2O NH3; NOx; COVDM; PM10; PM2.5	Factor de emisión	2 1 1	Proyecto Biocarbono Orinoquia IPCC, 2019. V4, Ch10 EMEP/EEA, 2023. Part B, 3B	Cuadro 10.21 Cuadro 3-2
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.1. Bovinos	3.B.1.a. Otro	3.B.1.a.iv. Otros	3.B.1.a.iv.3. Vacas para producción de carne	Regiones ganaderas Nacional Nacionales	CH4 N2O NH3; NOx; COVDM; PM10; PM2.5	Factor de emisión	2 1 1	Proyecto Biocarbono Orinoquia IPCC, 2019. V4, Ch10 EMEP/EEA, 2023. Part B, 3B	Cuadro 10.21 Cuadro 3-2

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.1. Bovinos	3.B.1.a. Otro	3.B.1.a.iv. Otros	3.B.1.a.iv.4. Toros utilizados con fines reproductivos	Regiones ganaderas Nacional Nacionales	CH4 N2O NH3; NOx; COVDM; PM10; PM2.5	Factor de emisión	2 1 1	Proyecto Biocarbono Orinoquia IPCC, 2019. V4, Ch10 EMEP/EEA, 2023. Part B, 3B	Cuadro 10.21 Cuadro 3-2
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.1. Bovinos	3.B.1.a. Otro	3.B.1.a.iv. Otros	3.B.1.a.iv.5. Terneros pre-destetos	Regiones ganaderas Nacional Nacionales	CH4 N2O NH3; NOx; COVDM; PM10; PM2.5	Factor de emisión	2 1 1	Proyecto Biocarbono Orinoquia IPCC, 2019. V4, Ch10 EMEP/EEA, 2023. Part B, 3B	Cuadro 10.21 Cuadro 3-2
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.1. Bovinos	3.B.1.a. Otro	3.B.1.a.iv. Otros	3.B.1.a.iv.6. Novillas de reemplazo	Regiones ganaderas Nacional Nacionales	CH4 N2O NH3; NOx; COVDM; PM10; PM2.5	Factor de emisión	2 1 1	Proyecto Biocarbono Orinoquia IPCC, 2019. V4, Ch10 EMEP/EEA, 2023. Part B, 3B	Cuadro 10.21 Cuadro 3-2
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.1. Bovinos	3.B.1.a. Otro	3.B.1.a.iv. Otros	3.B.1.a.iv.7. Ganado de engorde	Regiones ganaderas Nacional Nacionales	CH4 N2O NH3; NOx; COVDM; PM10; PM2.5	Factor de emisión	2 1 1	Proyecto Biocarbono Orinoquia IPCC, 2019. V4, Ch10 EMEP/EEA, 2023. Part B, 3B	Cuadro 10.21 Cuadro 3-2

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.2. Ovinos	3.B.2.a. Otro	3.B.2.a.i. Ovinos			CH4 N2O NH3; NOx; COVDM; PM10; PM2.5	Factor de emisión	1 1 1	IPCC, 2019. V4, Ch10 EMEP/EEA, 2023. Part B, 3B	Cuadro 10.21 Cuadro 3-2
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.3. Porcinos	3.B.3.a. Otro	3.B.3.a.i. Porcinos < 6 meses			CH4 N2O NH3; NOx; COVDM; PM10; PM2.5	Factor de emisión	1 1 1	IPCC, 2019. V4, Ch10 EMEP/EEA, 2023. Part B, 3B	Cuadro 10.21 Cuadro 3-2
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.3. Porcinos	3.B.3.a. Otro	3.B.3.a.ii. Porcinos > 6 meses			CH4 N2O NH3; NOx; COVDM; PM10; PM2.5	Factor de emisión	1 1 1	IPCC, 2019. V4, Ch10 EMEP/EEA, 2023. Part B, 3B	Cuadro 10.21 Cuadro 3-2
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.3. Porcinos	3.B.3.a. Otro	3.B.3.a.iii. Porcinos baja productividad			CH4 N2O NH3; NOx; COVDM; PM10; PM2.5	Factor de emisión	1 1 1	IPCC, 2019. V4, Ch10 EMEP/EEA, 2023. Part B, 3B	Cuadro 10.21 Cuadro 3-2
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.4. Otro ganado	3.B.4.a. Búfalos				CH4 N2O NH3; NOx; COVDM; PM10; PM2.5	Factor de emisión	1 1 1	IPCC, 2019. V4, Ch10 EMEP/EEA, 2023. Part B, 3B	Cuadro 10.21 Cuadro 3-2

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.4. Otro ganado	3.B.4.d. Caprinos				CH4 N2O NH3; NOx; COVDM; PM10; PM2.5	Factor de emisión	1 1 1	IPCC, 2019. V4, Ch10 EMEP/EEA, 2023. Part B, 3B	Cuadro 10.21 Cuadro 3-2
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.4. Otro ganado	3.B.4.e. Caballos				CH4 N2O NH3; NOx; COVDM; PM10; PM2.5	Factor de emisión	1 1 1	IPCC, 2019. V4, Ch10 EMEP/EEA, 2023. Part B, 3B	Cuadro 10.21 Cuadro 3-2
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.4. Otro ganado	3.B.4.f. Mulas y asnos				CH4 N2O NH3; NOx; COVDM; PM10; PM2.5	Factor de emisión	1 1 1	IPCC, 2019. V4, Ch10 EMEP/EEA, 2023. Part B, 3B	Cuadro 10.21 Cuadro 3-2
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.4. Otro ganado	3.B.4.h. Otro	3.B.4.h.v. Otro	3.B.4.h. v.1. Ponedoras		CH4 N2O NH3; NOx; COVDM; PM10; PM2.5	Factor de emisión	1 1 1	IPCC, 2019. V4, Ch10 EMEP/EEA, 2023. Part B, 3B	Cuadro 10.21 Cuadro 3-2
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.4. Otro ganado	3.B.4.h. Otro	3.B.4.h.v. Otro	3.B.4.h. v.2. Pollos de engorde		CH4 N2O NH3; NOx; COVDM; PM10; PM2.5	Factor de emisión	1 1 1	IPCC, 2019. V4, Ch10 EMEP/EEA, 2023. Part B, 3B	Cuadro 10.21 Cuadro 3-2

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.5. Emisiones indirectas de N2O de gestión de estiércol	3.B.5.a. Bovinos	3.B.5.a.i. Vacas de Alta Producción			N2O	Factor de emisión	1	IPCC, 2019. V4, Ch10	Cuadros 10.21
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.5. Emisiones indirectas de N2O de gestión de estiércol	3.B.5.a. Bovinos	3.B.5.a.ii. Vacas de Baja Producción			N2O	Factor de emisión	1	IPCC, 2019. V4, Ch10	Cuadros 10.21
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.5. Emisiones indirectas de N2O de gestión de estiércol	3.B.5.a. Bovinos	3.B.5.a.iii. Vacas para producción de carne			N2O	Factor de emisión	1	IPCC, 2019. V4, Ch10	Cuadros 10.21
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.5. Emisiones indirectas de N2O de	3.B.5.a. Bovinos	3.B.5.a.iv. Toros utilizados con fines			N2O	Factor de emisión	1	IPCC, 2019. V4, Ch10	Cuadros 10.21

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
		gestión de estiércol		reproductivos							
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.5. Emisiones indirectas de N2O de gestión de estiércol	3.B.5.a. Bovinos	3.B.5.a.v. Terneros pre-destetos			N2O	Factor de emisión	1	IPCC, 2019. V4, Ch10	Cuadros 10.21
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.5. Emisiones indirectas de N2O de gestión de estiércol	3.B.5.a. Bovinos	3.B.5.a.vi. Novillas de reemplazo			N2O	Factor de emisión	1	IPCC, 2019. V4, Ch10	Cuadros 10.21
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.5. Emisiones indirectas de N2O de gestión de estiércol	3.B.5.a. Bovinos	3.B.5.a.vii. Ganado de engorde			N2O	Factor de emisión	1	IPCC, 2019. V4, Ch10	Cuadros 10.21

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.5. Emisiones indirectas de N2O de gestión de estiércol	3.B.5.b. Ovinos				N2O	Factor de emisión	1	IPCC, 2019. V4, Ch10	Cuadros 10.21
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.5. Emisiones indirectas de N2O de gestión de estiércol	3.B.5.c. Porcinos	3.B.5.c.i. Porcinos < 6 meses			N2O	Factor de emisión	1	IPCC, 2019. V4, Ch10	Cuadros 10.21
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.5. Emisiones indirectas de N2O de gestión de estiércol	3.B.5.c. Porcinos	3.B.5.c.ii. Porcinos > 6 meses			N2O	Factor de emisión	1	IPCC, 2019. V4, Ch10	Cuadros 10.21
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.5. Emisiones indirectas de N2O de	3.B.5.c. Porcinos	3.B.5.c.iii. Porcinos baja productividad			N2O	Factor de emisión	1	IPCC, 2019. V4, Ch10	Cuadros 10.21

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
		gestión de estiércol									
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.5. Emisiones indirectas de N2O de gestión de estiércol	3.B.5.d. Otro Ganado	3.B.5.d.i. Búfalos			N2O	Factor de emisión	1	IPCC, 2019. V4, Ch10	Cuadros 10.21
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.5. Emisiones indirectas de N2O de gestión de estiércol	3.B.5.d. Otro Ganado	3.B.5.d.ii. Caprinos			N2O	Factor de emisión	1	IPCC, 2019. V4, Ch10	Cuadros 10.21
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.5. Emisiones indirectas de N2O de gestión de estiércol	3.B.5.d. Otro Ganado	3.B.5.d.iii. Caballos			N2O	Factor de emisión	1	IPCC, 2019. V4, Ch10	Cuadros 10.21

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.5. Emisiones indirectas de N2O de gestión de estiércol	3.B.5.d. Otro Ganado	3.B.5.d.iv. Mulas y asnos			N2O	Factor de emisión	1	IPCC, 2019. V4, Ch10	Cuadros 10.21
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.5. Emisiones indirectas de N2O de gestión de estiércol	3.B.5.d. Otro Ganado	3.B.5.d.v. Aves de corral	3.B.5.d.v.1. Ponedoras		N2O	Factor de emisión	1	IPCC, 2019. V4, Ch10	Cuadros 10.21
3. Agricultura	3.B. Gestión del estiércol	3.B.5. Emisiones indirectas de N2O de gestión de estiércol	3.B.5.d. Otro Ganado	3.B.5.d.v. Aves de corral	3.B.5.d.v.2. Pollo de engorde		N2O	Factor de emisión	1	IPCC, 2019. V4, Ch10	Cuadros 10.21
3. Agricultura	3.C. Cultivo de arroz	3.C.1. Arroz riego	3.C.1.a. Continuamente inundado				CH4	Factor de emisión	1	IPCC, 2019. V4, Ch5	

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
3. Agricultura	3.C. Cultivo de arroz	3.C.1. Arroz riego	3.C.1.b. Inundado intermitentemente	3.C.1.b.i. Aireación simple			CH4	Factor de emisión	1	IPCC, 2019. V4, Ch5	
3. Agricultura	3.C. Cultivo de arroz	3.C.1. Arroz riego	3.C.1.b. Inundado intermitentemente	3.C.1.b.ii. Aireación múltiple			CH4	Factor de emisión	1 2	IPCC, 2019. V4, Ch5 Proyecto Biocarbono-CIAT-Bioversity International	
3. Agricultura	3.C. Cultivo de arroz	3.C.2. Arroz secano	3.C.2.b. Propenso a la sequía				CH4	Factor de emisión	1 2	IPCC, 2019. V4, Ch5 Proyecto Biocarbono-CIAT-Bioversity International	
3. Agricultura	3.D. Suelos agrícolas	3.D.1 Emisiones directas de N2O de suelos gestionados	3.D.1.a. Fertilizantes N inorgánicos				N2O	Factor de emisión	1	IPCC, 2019. V 4, Ch11	Cuadro 11.1
3. Agricultura	3.D. Suelos agrícolas	3.D.1 Emisiones directas de N2O de	3.D.1.b. Fertilizantes orgánicos N	3.D.1.b.i. Estiercol animal aplicado a los suelos			N2O	Factor de emisión	1	IPCC, 2019. V 4, Ch11	Cuadro 11.1

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
		suelos gestionados									
3. Agricultura	3.D. Suelos agrícolas	3.D.1 Emisiones directas de N2O de suelos gestionados	3.D.1.c. Orina y estiércol depositado por animales en pastoreo				N2O	Factor de emisión	1 2	IPCC, 2019. V 4, Ch11 Proyecto Biocarbono-CIAT-Bioversity International	Cuadro 11.1
3. Agricultura	3.D. Suelos agrícolas	3.D.1 Emisiones directas de N2O de suelos gestionados	3.D.1.d. Residuos de cosecha				N2O	Factor de emisión	1	IPCC, 2019. V 4, Ch11	Cuadro 11.1
3. Agricultura	3.D. Suelos agrícolas	3.D.1 Emisiones directas de N2O de suelos gestionados	3.D.1.e. Mineralización/inmovilización asociada a pérdida/ganancia de materia orgánica del suelo				N2O	Factor de emisión	1	IPCC, 2019. V 4, Ch11	Cuadro 11.1

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
3. Agricultura	3.D. Suelos agrícolas	3.D.1 Emisiones directas de N2O de suelos gestionados	3.D.1.f. Cultivo de suelos orgánicos (Histosoles)				N2O	Factor de emisión	1	IPCC, 2019. V 4, Ch2	Cuadro 2.5
3. Agricultura	3.D. Suelos agrícolas	3.D.1 Emisiones directas de N2O de suelos gestionados	3.D.1.g. Otro	3.D.1.g.i. Operaciones agrícolas			PM10; PM2.5	Factor de emisión	1	EMEP/EEA, 2023. Part B, 3D	Cuadro 3-2
3. Agricultura	3.D. Suelos agrícolas	3.D.1 Emisiones directas de N2O de suelos gestionados	3.D.1.g. Otro	3.D.1.g.ii. Cultivos en pie			COVDM	Factor de emisión	1	EMEP/EEA, 2023. Part B, 3D	Cuadro 3-2
3. Agricultura	3.D. Suelos agrícolas	3.D.2. Emisiones indirectas de N2O de suelos	3.D.2.a. Deposición atmosférica	3.D.2.a.i. Deposición atmosférica - Fertilizantes N inorgánicos			N2O	Factor de emisión	1	IPCC, 2019. V 4, Ch11	Cuadro 11.3

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
		gestionados									
3. Agricultura	3.D. Suelos agrícolas	3.D.2. Emisiones indirectas de N2O de suelos gestionados	3.D.2.a. Deposición atmosférica	3.D.2.a.ii. Deposición atmosférica - Fertilizantes N orgánicos			N2O	Factor de emisión	1	IPCC, 2019. V 4, Ch11	Cuadro 11.3
3. Agricultura	3.D. Suelos agrícolas	3.D.2. Emisiones indirectas de N2O de suelos gestionados	3.D.2.a. Deposición atmosférica	3.D.2.a.iii. Deposición atmosférica - Orina y estiércol de animales en pastoreo			N2O	Factor de emisión	1	IPCC, 2019. V 4, Ch11	Cuadro 11.3
3. Agricultura	3.D. Suelos agrícolas	3.D.2. Emisiones indirectas de N2O de suelos gestionados	3.D.2.b. Lixiviación y escorrentía de nitrógeno	3.D.2.b.i. Lixiviación y escorrentía Fertilizantes N inorgánicos			N2O	Factor de emisión	1	IPCC, 2019. V 4, Ch11	Cuadro 11.3

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
3. Agricultura	3.D. Suelos agrícolas	3.D.2. Emisiones indirectas de N2O de suelos gestionados	3.D.2.b. Lixiviación y escorrentía de nitrógeno	3.D.2.b.ii. Lixiviación y escorrentía Fertilizantes N orgánicos			N2O	Factor de emisión	1	IPCC, 2019. V 4, Ch11	Cuadro 11.3
3. Agricultura	3.D. Suelos agrícolas	3.D.2. Emisiones indirectas de N2O de suelos gestionados	3.D.2.b. Lixiviación y escorrentía de nitrógeno	3.D.2.b.iii. Lixiviación y escorrentía Residuos de cosecha			N2O	Factor de emisión	1	IPCC, 2019. V 4, Ch11	Cuadro 11.3
3. Agricultura	3.D. Suelos agrícolas	3.D.2. Emisiones indirectas de N2O de suelos gestionados		3.D.2.b.iv. Lixiviación y escorrentía Mineralización/inmovilización asociada a pérdida/ganancia de materia orgánica del suelo			N2O	Factor de emisión	1	IPCC, 2019. V 4, Ch11	Cuadro 11.3
3. Agricultura	3.D. Suelos agrícolas	3.D.2. Emisiones indirectas de N2O de		3.D.2.b.v. Lixiviación y escorrentía - Orina y estiércol de			N2O	Factor de emisión	1	IPCC, 2019. V 4, Ch11	Cuadro 11.3

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
		suelos gestionados		animales en pastoreo							
3. Agricultura	3.F. Quema de residuos agrícolas en el campo	3.F.1. Cereals	3.F.1.c. Maíz				CH4 N2O CN; CO; SOx; NOx; COVDM; PM10; PM2.5	Factor de emisión	1 1 1	IPCC, 2006. EMEP/EEA, 2023. Part B, 3B	
3. Agricultura	3.F. Quema de residuos agrícolas en el campo	3.F.1. Cereals	3.F.1.d. Otros (especifique)	3.F.1.d.i. Arroz			CH4 N2O CN; CO; SOx; NOx; COVDM; PM10; PM2.5	Factor de emisión	1 1 1	IPCC, 2006. EMEP/EEA, 2023. Part B, 3B	
3. Agricultura	3.F. Quema de residuos agrícolas en el campo	3.F.4. Caña de azúcar					CH4 N2O CN; CO; SOx; NOx; COVDM; PM10; PM2.5	Factor de emisión	1 1 1	IPCC, 2006. EMEP/EEA, 2023. Part B, 3B	
3. Agricultura	3.F. Quema de residuos agrícolas en el campo	3.F.5. Otros					CH4 N2O CN; CO; SOx; NOx; COVDM; PM10; PM2.5	Factor de emisión	1 1 1	IPCC, 2006. EMEP/EEA, 2023. Part B, 3B	

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
3. Agricultura	3.G. Encalado	3.G.2. Dolomita CaMg(CO3)2					CO2	Factor de emisión	1	IPCC, 2006. V4, Ch11	
3. Agricultura	3.H. Aplicación de urea						CO2	Factor de emisión	1	IPCC, 2006. V4, Ch11	
4. LULUCF	4.A. Tierras forestales	4.A.1. Tierras forestales que permanecencomo tales	4.A.1.b. Tierras forestales que permanecen como tales (Degradación)			Degradación	CO2	Cantidad de materia seca por hectarea degradada de biomasa aerea	2	Ideam	Inventario Forestal Nacional (IFN)
4. LULUCF	4.A. Tierras forestales	4.A.1. Tierras forestales que permanecencomo tales	4.A.1.b. Tierras forestales que permanecen como tales (Degradación)			Degradación	CO2	Cantidad de materia seca por hectarea degradada de biomasa subterranea	2	Ideam	Inventario Forestal Nacional (IFN)
4. LULUCF	4.A. Tierras forestales	4.A.1. Tierras forestales que permanecenco	4.A.1.b. Tierras forestales que permanecen como tales			Degradación	CO2	Fraccion de C en biomasa seca	2	Ideam	Inventario Forestal Nacional (IFN)

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
		mo tales	(Degradación)								
4. LULUCF	4.A. Tierras forestales	4.A.1. Tierras forestales que permanecencomo tales	4.A.1.b. Tierras forestales que permanecen como tales (Degradación)			Degradación	CO2	Factor de conversion C-C02		IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories	Directrices IPCC 2006
4. LULUCF	4.A. Tierras forestales	4.A.1. Tierras forestales que permanecencomo tales	4.A.1.b. Tierras forestales que permanecen como tales (Degradación)			Degradación	CO2	Factor de resta absorciones		IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories	Convención de reporte GEI
4. LULUCF	4.A. Tierras forestales	4.A.1. Tierras forestales que permanecencomo tales	4.A.1.c. Tierras forestales que permanecen como tales (Conversión de bosque natural a tierras forestales)			Suelos	CO2	Cambio anual promedio del stock de carbono orgánico del suelo por conversión de bosque a	2	Ideam	Inventario Forestal Nacional (IFN)

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
								arbustal - 20 años			
4. LULUCF	4.A. Tierras forestales	4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	4.A.1.c. Tierras forestales que permanecen como tales (Conversión de bosque natural a tierras forestales)			Suelos	CO2	Cantidad de carbono organico en el suelo de referencia	2	Ideam	Inventario Forestal Nacional (IFN)
4. LULUCF	4.A. Tierras forestales	4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	4.A.1.c. Tierras forestales que permanecen como tales (Conversión de bosque natural a tierras forestales)			MOM	CO2	Cantidad de carbono por hectarea en hojarasca	2	Ideam	Inventario Forestal Nacional (IFN)

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
4. LULUCF	4.A. Tierras forestales	4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	4.A.1.c. Tierras forestales que permanecen como tales (Conversión de bosque natural a tierras forestales)			Biomasa	CO2	Cantidad de materia seca en arbustales	2	Ideam	Inventario Forestal Nacional (IFN)
4. LULUCF	4.A. Tierras forestales	4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	4.A.1.c. Tierras forestales que permanecen como tales (Conversión de bosque natural a tierras forestales)			Biomasa	CO2	Cantidad de materia seca en plantaciones forestales	2	Ideam	Inventario Forestal Nacional (IFN)
4. LULUCF	4.A. Tierras forestales	4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	4.A.1.c. Tierras forestales que permanecen como tales (Conversión de bosque natural a tierras forestales)			Biomasa	CO2	Cantidad de materia seca por hectarea para biomasa aerea	2	Ideam	Inventario Forestal Nacional (IFN)

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
4. LULUCF	4.A. Tierras forestales	4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	4.A.1.c. Tierras forestales que permanecen como tales (Conversión de bosque natural a tierras forestales)			Biomasa	CO2	Cantidad de materia seca por hectarea para biomasa subterranea	2	Ideam	Inventario Forestal Nacional (IFN)
4. LULUCF	4.A. Tierras forestales	4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	4.A.1.c. Tierras forestales que permanecen como tales (Conversión de bosque natural a tierras forestales)			MOM	CO2	Cantidad de materia seca por hectarea para detritos finos de madera	2	Ideam	Inventario Forestal Nacional (IFN)
4. LULUCF	4.A. Tierras forestales	4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	4.A.1.c. Tierras forestales que permanecen como tales (Conversión de bosque natural a tierras forestales)			MOM	CO2	Cantidad de materia seca por hectarea para detritos gruesos de madera	2	Ideam	Inventario Forestal Nacional (IFN)

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
4. LULUCF	4.A. Tierras forestales	4.A.1. Tierras forestales que permanecencomo tales	4.A.1.c. Tierras forestales que permanecen como tales (Conversión de bosque natural a tierras forestales)			MOM	CO2	Cantidad de materia seca por hectaria de arboles muertos en pie y tocones muertos	2	Ideam	Inventario Forestal Nacional (IFN)
4. LULUCF	4.A. Tierras forestales	4.A.1. Tierras forestales que permanecencomo tales	4.A.1.c. Tierras forestales que permanecen como tales (Conversión de bosque natural a tierras forestales)			Suelos	CO2	Factor relativo de cambio del stock (FLU, FMG y FI)	1	Ideam	Inventario Forestal Nacional (IFN)
4. LULUCF	4.A. Tierras forestales	4.A.1. Tierras forestales que permanecencomo tales	4.A.1.c. Tierras forestales que permanecen como tales (Conversión de bosque natural a tierras forestales)			Biomasa	CO2	Tasa de relación de biomasa subterranea sobre biomasa aerea	1C	Ideam	Inventario Forestal Nacional (IFN)

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
4. LULUCF	4.A. Tierras forestales	4.A.1. Tierras forestales que permanecencomo tales	4.A.1.c. Tierras forestales que permanecen como tales (Conversión de bosque natural a tierras forestales)				CO2	Fraccion de C en biomasa seca	2	Ideam	Inventario Forestal Nacional (IFN)
4. LULUCF	4.A. Tierras forestales	4.A.1. Tierras forestales que permanecencomo tales	4.A.1.c. Tierras forestales que permanecen como tales (Conversión de bosque natural a tierras forestales)				CO2	Factor de conversion C-C02		IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories	Directrices IPCC 2006
4. LULUCF	4.A. Tierras forestales	4.A.2. Tierras convertidas a tierras forestales	4.A.2.a. Cultivos convertidos en tierras forestales			Biomasa	CO2	Biomasa total	2	Ideam	Inventario Forestal Nacional (IFN)
4. LULUCF	4.A. Tierras forestales	4.A.2. Tierras convertidas a tierras	4.A.2.a. Cultivos convertidos en tierras forestales			MOM	CO2	Total detritos	2	Ideam	Inventario Forestal Nacional (IFN)

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
		forestales									
4. LULUCF	4.A. Tierras forestales	4.A.2. Tierras convertidas a tierras forestales	4.A.2.a. Cultivos convertidos en tierras forestales			Suelos	CO2	Carbono organico Suelos	2	Ideam	Inventario Forestal Nacional (IFN)
4. LULUCF	4.A. Tierras forestales	4.A.2. Tierras convertidas a tierras forestales	4.A.2.a. Cultivos convertidos en tierras forestales			Biomasa	CO2	COS referencia	2	Ideam	Inventario Forestal Nacional (IFN)
4. LULUCF	4.A. Tierras forestales	4.A.2. Tierras convertidas a tierras forestales	4.A.2.a. Cultivos convertidos en tierras forestales			MOM	CO2	COS referencia	2	Ideam	Inventario Forestal Nacional (IFN)
4. LULUCF	4.A. Tierras forestales	4.A.2. Tierras convertidas a tierras forestales	4.A.2.a. Cultivos convertidos en tierras forestales			Suelos	CO2	COS referencia	2	Ideam	Inventario Forestal Nacional (IFN)

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
4. LULUCF	4.A. Tierras forestales	4.A.2. Tierras convertidas a tierras forestales	4.A.2.a. Cultivos convertidos en tierras forestales				CO2	Edad de cultivo	2	Ideam	Inventario Forestal Nacional (IFN)
4. LULUCF	4.A. Tierras forestales	4.A.2. Tierras convertidas a tierras forestales	4.A.2.a. Cultivos convertidos en tierras forestales				CO2	Fraccion de C en biomasa seca	2	Ideam	Inventario Forestal Nacional (IFN)
4. LULUCF	4.A. Tierras forestales	4.A.2. Tierras convertidas a tierras forestales	4.A.2.a. Cultivos convertidos en tierras forestales				CO2	Factor de conversion C-C02		IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volumen 1, Capítulo 1.	Directrices IPCC 2006
4. LULUCF	4.A. Tierras forestales	4.A.2. Tierras convertidas a tierras forestales	4.A.2.a. Cultivos convertidos en tierras forestales				CO2	Factor de resta absorciones		IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volumen 1, Capítulo 1.	Convención de reporte de GEI

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.a. Cultivo de café				CO2	Año de inicio de calculo inventario	2	Federación Nacional de Cafeteros de Colombia / literatura científica	Estudios de biomasa en sistemas cafeteros
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.a. Cultivo de café				CO2	Edad de cultivo	2	Federación Nacional de Cafeteros de Colombia / literatura científica	Estudios de biomasa en sistemas cafeteros
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.a. Cultivo de café			Biomasa	CO2	Factor de biomasa semi-sombrio	2	Federación Nacional de Cafeteros de Colombia / literatura científica	Estudios de biomasa en sistemas cafeteros
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen	4.B.1.a. Cultivo de café			Biomasa	CO2	Factor de biomasa sol	2	Federación Nacional de Cafeteros de Colombia / literatura científica	Estudios de biomasa en sistemas cafeteros

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
		como tales									
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.a. Cultivo de café			Biomasa	CO2	Factor de biomasa sol tc /ha	2	Federación Nacional de Cafeteros de Colombia / literatura científica	Estudios de biomasa en sistemas cafeteros
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.a. Cultivo de café			Biomasa	CO2	Factor de biomasa sombra-semisombra	2	Federación Nacional de Cafeteros de Colombia / literatura científica	Estudios de biomasa en sistemas cafeteros
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.a. Cultivo de café			Biomasa	CO2	Factor de biomasa sombrio	2	Federación Nacional de Cafeteros de Colombia / literatura científica	Estudios de biomasa en sistemas cafeteros

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.a. Cultivo de café				CO2	Fracción inicial de área en crecimiento – sol	2	Federación Nacional de Cafeteros de Colombia / literatura científica	Estudios de biomasa en sistemas cafeteros
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.a. Cultivo de café				CO2	Fracción inicial de área en crecimiento – sombra/semisombra	2	Federación Nacional de Cafeteros de Colombia / literatura científica	Estudios de biomasa en sistemas cafeteros
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.a. Cultivo de café			Biomasa	CO2	Fracción por tipo de exposición solar	2	Federación Nacional de Cafeteros de Colombia / literatura científica	Estudios de biomasa en sistemas cafeteros
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen	4.B.1.a. Cultivo de café				CO2	Número de años ajuste	2	Federación Nacional de Cafeteros de Colombia / literatura científica	Estudios de biomasa en sistemas cafeteros

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
		como tales									
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.a. Cultivo de café				CO2	Tasa anual de renovación de cultivo	2	Federación Nacional de Cafeteros de Colombia / literatura científica	Estudios de biomasa en sistemas cafeteros
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.a. Cultivo de café				CO2	Fracción de C en biomasa seca	2	MADR – CIAT / consistente con IPCC	Valores por defecto y ajustes nacionales
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.a. Cultivo de café				CO2	Factor de conversión C-C02		IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volumen 1, Capítulo 1.	Directrices metodológicas internacionales

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.a. Cultivo de café				CO2	Factor de resta absorciones		IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volumen 1, Capítulo 1.	Lineamientos metodológicos para reporte de remociones
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.b. Palma de aceite			Biomasa	CO2	Tasa de secuestro de Carbono	2	Henson et al. / Fedepalma	Estudios científicos de biomasa en palma de aceite
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.b. Palma de aceite			Biomasa	CO2	Contenido de Carbono por zona	2	Henson et al. / Fedepalma	Estudios científicos de biomasa en palma de aceite
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen	4.B.1.b. Palma de aceite				CO2	Fraccion de C en biomasa seca	2	MADR – CIAT / consistente con IPCC	Valores por defecto y ajustes nacionales

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
		como tales									
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.b. Palma de aceite				CO2	Factor de conversion C-C02		IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volumen 1, Capítulo 1.	Directrices metodológicas internacionales
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.b. Palma de aceite				CO2	Factor de resta absorciones		IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volumen 1, Capítulo 1.	Lineamientos metodológicos para reporte de remociones
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.c. Cacao			Biomasa	CO2	Biomasa total sin fruto	2	Proyecto Biocarbono – Agrosavia	Modelos de estimación de biomasa para cultivos permanentes

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.c. Cacao			Biomasa	CO2	Biomasa aérea sin fruto	2	Proyecto Biocarbono – Agrosavia	Modelos de estimación de biomasa para cultivos permanentes
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.c. Cacao				CO2	Fraccion de C en biomasa seca	2	MADR – CIAT / consistente con IPCC	Valores por defecto y ajustes nacionales
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.c. Cacao				CO2	Factor de conversion C-C02		IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volumen 1, Capítulo 1.	Directrices metodológicas internacionales
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen	4.B.1.c. Cacao				CO2	Factor de resta absorciones		IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volumen 1, Capítulo 1.	Lineamientos metodológicos para reporte de remociones

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
		como tales									
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.c. Cacao				CO2	Edad de cultivo	2	Proyecto Biocarbono – Agrosavia	Modelos de estimación de biomasa para cultivos permanentes
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.c. Cacao				CO2	Año de inicio de calculo inventario	2	Proyecto Biocarbono – Agrosavia	Modelos de estimación de biomasa para cultivos permanentes
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.c. Cacao				CO2	Número de años ajuste	2	Proyecto Biocarbono – Agrosavia	Modelos de estimación de biomasa para cultivos permanentes

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.c. Cacao			MOM	CO2	Stocks C madera muerta	2	Proyecto Biocarbono – Agrosavia	Modelos de carbono en residuos vegetales
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.c. Cacao			MOM	CO2	Fijación de CO2 a partir de reservas de C	2	Proyecto Biocarbono – Agrosavia	Modelos de carbono en residuos vegetales
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.c. Cacao			MOM	CO2	Fijación de CO2 a partir de reservas de C	2	Proyecto Biocarbono – Agrosavia	Modelos de carbono en residuos vegetales
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen	4.B.1.c. Cacao			MOM	CO2	Edad de cultivo	2	Proyecto Biocarbono – Agrosavia	Modelos de carbono en residuos vegetales

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
		como tales									
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.c. Cacao			Suelos	CO2	SOC promedio en áreas agrícolas	2	Proyecto Biocarbono – Agrosavia	Modelos de carbono orgánico del suelo
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.c. Cacao			Suelos	CO2	Fijación de CO2 a partir de reservas de C	2	Proyecto Biocarbono – Agrosavia	Modelos de carbono orgánico del suelo
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.c. Cacao			Suelos	CO2	Edad de cultivo	2	Proyecto Biocarbono – Agrosavia	Modelos de carbono orgánico del suelo

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.d. Aguacate			Biomasa	CO2	Biomasa total sin fruto	2	MADR – CIAT	Estudios técnicos de biomasa agrícola
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.d. Aguacate			Biomasa	CO2	Biomasa aérea sin fruto	2	MADR – CIAT	Estudios técnicos de biomasa agrícola
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.d. Aguacate				CO2	Fraccion de C en biomasa seca	2	MADR – CIAT / consistente con IPCC	Valores por defecto y ajustes nacionales
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen	4.B.1.d. Aguacate				CO2	Factor de conversion C-C02		IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volumen 1, Capítulo 1.	Directrices metodológicas internacionales

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
		como tales									
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.d. Aguacate				CO2	Factor de resta absorciones		IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volumen 1, Capítulo 1.	Lineamientos metodológicos para reporte de remociones
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.d. Aguacate				CO2	Edad de cultivo	2	MADR – CIAT	Estudios técnicos de biomasa agrícola
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.d. Aguacate				CO2	Año de inicio calculo de inventario	2	MADR – CIAT	Estudios técnicos de biomasa agrícola

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.d. Aguacate				CO2	Número de años ajuste	2	MADR – CIAT	Estudios técnicos de biomasa agrícola
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.e. Caucho			Biomasa	CO2	Biomasa total sin fruto	2	MADR – CIAT	Estudios técnicos de biomasa agrícola
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.e. Caucho			Biomasa	CO2	Biomasa aérea sin fruto	2	MADR – CIAT	Estudios técnicos de biomasa agrícola
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen	4.B.1.e. Caucho				CO2	Fraccion de C en biomasa seca	2	MADR – CIAT / consistente con IPCC	Valores por defecto y ajustes nacionales

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
		como tales									
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.e. Caucho				CO2	Factor de conversion C-C02	2	IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volumen 1, Capítulo 1.	Directrices metodológicas internacionales
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.e. Caucho				CO2	Factor de resta absorciones		IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volumen 1, Capítulo 1.	Lineamientos metodológicos para reporte de remociones
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.e. Caucho				CO2	Edad de cultivo	2	MADR – CIAT	Estudios técnicos de biomasa agrícola

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.e. Caucho				CO2	Año de inicio de calculo inventario	2	MADR – CIAT	Estudios técnicos de biomasa agrícola
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.e. Caucho				CO2	Número de años ajuste	2	MADR – CIAT	Estudios técnicos de biomasa agrícola
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.f. Mango			Biomasa	CO2	Biomasa total sin fruto	2	MADR – CIAT	Estudios técnicos de biomasa agrícola
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen	4.B.1.f. Mango			Biomasa	CO2	Biomasa aérea sin fruto	2	MADR – CIAT	Estudios técnicos de biomasa agrícola

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
		como tales									
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.f. Mango				CO2	Fraccion de C en biomasa seca	2	MADR – CIAT / consistente con IPCC	Valores por defecto y ajustes nacionales
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.f. Mango				CO2	Factor de conversion C-C02		IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volumen 1, Capítulo 1.	Directrices metodológicas internacionales
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.f. Mango				CO2	Factor de resta absorciones		IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volumen 1, Capítulo 1.	Lineamientos metodológicos para reporte de remociones

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.f. Mango				CO2	Edad de cultivo	2	MADR – CIAT	Estudios técnicos de biomasa agrícola
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.f. Mango				CO2	Año de inicio de calculo inventario	2	MADR – CIAT	Estudios técnicos de biomasa agrícola
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.f. Mango				CO2	Número de años ajuste	2	MADR – CIAT	Estudios técnicos de biomasa agrícola
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen	4.B.1.g. Limón			Biomasa	CO2	Biomasa total sin fruto	2	MADR – CIAT	Estudios técnicos de biomasa agrícola

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
		como tales									
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.g. Limón			Biomasa	CO2	Biomasa aérea sin fruto	2	MADR – CIAT	Estudios técnicos de biomasa agrícola
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.g. Limón				CO2	Fraccion de C en biomasa seca	2	MADR – CIAT / consistente con IPCC	Valores por defecto y ajustes nacionales
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.g. Limón				CO2	Factor de conversion C-C02		IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volumen 1, Capítulo 1.	Directrices metodológicas internacionales

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.g. Limón				CO2	Factor de resta absorciones		IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volumen 1, Capítulo 1.	Lineamientos metodológicos para reporte de remociones
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.g. Limón				CO2	Edad de cultivo	2	MADR – CIAT	Estudios técnicos de biomasa agrícola
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.g. Limón				CO2	Año de inicio de calculo inventario	2	MADR – CIAT	Estudios técnicos de biomasa agrícola
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen	4.B.1.g. Limón				CO2	Número de años ajuste	2	MADR – CIAT	Estudios técnicos de biomasa agrícola

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
		como tales									
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.h. Mandarina			Biomasa	CO2	Biomasa total sin fruto	2	MADR – CIAT	Estudios técnicos de biomasa agrícola
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.h. Mandarina			Biomasa	CO2	Biomasa aérea sin fruto	2	MADR – CIAT	Estudios técnicos de biomasa agrícola
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.h. Mandarina				CO2	Fraccion de C en biomasa seca	2	MADR – CIAT / consistente con IPCC	Valores por defecto y ajustes nacionales

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.h. Mandarina				CO2	Factor de conversion C-C02		IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volumen 1, Capítulo 1.	Directrices metodológicas internacionales
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.h. Mandarina				CO2	Factor de resta absorciones		IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volumen 1, Capítulo 1.	Lineamientos metodológicos para reporte de remociones
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.h. Mandarina				CO2	Edad de cultivo	2	MADR – CIAT	Estudios técnicos de biomasa agrícola
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen	4.B.1.h. Mandarina				CO2	Año de inicio de calculo inventario	2	MADR – CIAT	Estudios técnicos de biomasa agrícola

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
		como tales									
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.h. Mandarina				CO2	Número de años ajuste	2	MADR – CIAT	Estudios técnicos de biomasa agrícola
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.i. Naranja			Biomasa	CO2	Biomasa total sin fruto	2	MADR – CIAT	Estudios técnicos de biomasa agrícola
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.i. Naranja			Biomasa	CO2	Biomasa aérea sin fruto	2	MADR – CIAT	Estudios técnicos de biomasa agrícola

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.i. Naranja				CO2	Fraccion de C en biomasa seca	2	MADR – CIAT / consistente con IPCC	Valores por defecto y ajustes nacionales
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.i. Naranja				CO2	Factor de conversion C-C02		IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volumen 1, Capítulo 1.	Directrices metodológicas internacionales
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.i. Naranja				CO2	Factor de resta absorciones		IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volumen 1, Capítulo 1.	Lineamientos metodológicos para reporte de remociones
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen	4.B.1.i. Naranja				CO2	Edad de cultivo	2	MADR – CIAT	Estudios técnicos de biomasa agrícola

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
		como tales									
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.i. Naranja				CO2	Año de inicio de calculo inventario	2	MADR – CIAT	Estudios técnicos de biomasa agrícola
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.i. Naranja				CO2	Número de años ajuste	2	MADR – CIAT	Estudios técnicos de biomasa agrícola
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.j. Tangelo			Biomasa	CO2	Biomasa total sin fruto	2	MADR – CIAT	Estudios técnicos de biomasa agrícola

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.j. Tangelo			Biomasa	CO2	Biomasa aérea sin fruto	2	MADR – CIAT	Estudios técnicos de biomasa agrícola
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.j. Tangelo				CO2	Fraccion de C en biomasa seca	2	MADR – CIAT / consistente con IPCC	Valores por defecto y ajustes nacionales
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.j. Tangelo				CO2	Factor de conversion C-C02		IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volumen 1, Capítulo 1.	Directrices metodológicas internacionales
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen	4.B.1.j. Tangelo				CO2	Factor de resta absorciones		IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volumen 1, Capítulo 1.	Lineamientos metodológicos para reporte de remociones

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
		como tales									
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.j. Tangelo				CO2	Edad de cultivo	2	MADR – CIAT	Estudios técnicos de biomasa agrícola
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.j. Tangelo				CO2	Año de inicio de calculo inventario	2	MADR – CIAT	Estudios técnicos de biomasa agrícola
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.j. Tangelo				CO2	Número de años ajuste	2	MADR – CIAT	Estudios técnicos de biomasa agrícola

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.k. Marañón			Biomasa	CO2	Biomasa total sin fruto	2	Agrosavia; Proyecto Biocarbono	Proyecto Biocarbono – sistemas agroforestales / perennes
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.k. Marañón			Biomasa	CO2	Biomasa aérea sin fruto	2	Agrosavia; Proyecto Biocarbono	Proyecto Biocarbono – sistemas agroforestales / perennes
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.k. Marañón			Suelos	CO2	Carbono orgánico del suelo	2	Agrosavia; Proyecto Biocarbono	Proyecto Biocarbono + metodologías IPCC
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen	4.B.1.k. Marañón			Suelos	CO2	Carbono orgánico del suelo 20 años	2	Agrosavia; Proyecto Biocarbono	Proyecto Biocarbono + metodologías IPCC

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
		como tales									
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.k. Marañón			Suelos	CO2	Edad de cultivo	2	Agrosavia; Proyecto Biocarbono	Proyecto Biocarbono + metodologías IPCC
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.k. Marañón				CO2	Fraccion de C en biomasa seca	2	MADR – CIAT / consistente con IPCC	Valores por defecto y ajustes nacionales
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.k. Marañón				CO2	Factor de conversion C-C02		IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volumen 1, Capítulo 1.	Directrices metodológicas internacionales

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.k. Marañón				CO2	Factor de resta absorciones		IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volumen 1, Capítulo 1.	Lineamientos metodológicos para reporte de remociones
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.k. Marañón				CO2	Edad de cultivo	2	Agrosavia; Proyecto Biocarbono	Proyecto Biocarbono + metodologías IPCC
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.k. Marañón				CO2	Año de inicio de calculo inventario	2	Agrosavia; Proyecto Biocarbono	Proyecto Biocarbono + metodologías IPCC
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen	4.B.1.k. Marañón				CO2	Número de años ajuste	2	Agrosavia; Proyecto Biocarbono	Proyecto Biocarbono + metodologías IPCC

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
		como tales									
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.l. Otro			Biomasa	CO2	Cambio de carbono en biomasa por unidad de área	1C	Ideam	Inventario Forestal Nacional (IFN) + Directrices IPCC
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.l. Otro			Biomasa	CO2	Cambio neto de carbono en suelos por unidad de área	1C	IPCC	Suplemento IPCC 2013 (Wetlands / AFOLU)
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.l. Otro				CO2	Fraccion de C en biomasa seca	2	MADR – CIAT / consistente con IPCC	Valores por defecto y ajustes nacionales

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.l. Otro				CO2	Factor de conversion C-C02		IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volumen 1, Capítulo 1.	Directrices metodológicas internacionales
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	4.B.1.l. Otro				CO2	Factor de resta absorciones		IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volumen 1, Capítulo 1.	Lineamientos metodológicos para reporte de remociones
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.2. Tierras convertidas a tierras de cultivo	4.B.2.a. Tierras forestales covertidas a tierras de cultivo			Suelos	CO2	Cantidad de carbono organico en el suelo de referencia	2	Ideam	Inventario Forestal Nacional (IFN) y Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC)
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.2. Tierras convertidas a tierras de cultivo	4.B.2.a. Tierras forestales covertidas a tierras de cultivo			MOM	CO2	Cantidad de carbono por hectarea en hojarasca	1	Ideam	Inventario Forestal Nacional (IFN) y Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC)

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.2. Tierras convertidas a tierras de cultivo	4.B.2.a. Tierras forestales covertidas a tierras de cultivo			Biomasa	CO2	Cantidad de materia seca en cultivos	2	Ideam	Inventario Forestal Nacional (IFN) y Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC)
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.2. Tierras convertidas a tierras de cultivo	4.B.2.a. Tierras forestales covertidas a tierras de cultivo			Biomasa	CO2	Cantidad de materia seca en plantación de palma	2	Ideam	Inventario Forestal Nacional (IFN) y Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC)
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.2. Tierras convertidas a tierras de cultivo	4.B.2.a. Tierras forestales covertidas a tierras de cultivo			Biomasa	CO2	Cantidad de materia seca por hectarea para biomasa aérea	2	Ideam	Inventario Forestal Nacional (IFN) y Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC)
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.2. Tierras convertidas a tierras de cultivo	4.B.2.a. Tierras forestales covertidas a tierras de cultivo			biomasa	CO2	Cantidad de materia seca por hectarea para biomasa subterranea	2	Ideam	Inventario Forestal Nacional (IFN) y Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC)

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.2. Tierras convertidas a tierras de cultivo	4.B.2.a. Tierras forestales covertidas a tierras de cultivo			MOM	CO2	Cantidad de materia seca por hectarea para detritos finos de madera	2	Ideam	Inventario Forestal Nacional (IFN) y Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC)
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.2. Tierras convertidas a tierras de cultivo	4.B.2.a. Tierras forestales covertidas a tierras de cultivo			MOM	CO2	Cantidad de materia seca por hectarea para detritos gruesos de madera	2	Ideam	Inventario Forestal Nacional (IFN) y Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC)
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.2. Tierras convertidas a tierras de cultivo	4.B.2.a. Tierras forestales covertidas a tierras de cultivo			MOM	CO2	Cantidad de materia seca por hectaria de arboles muertos en pie y tocones muertos	2	Ideam	Inventario Forestal Nacional (IFN) y Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC)
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.2. Tierras convertidas a tierras	4.B.2.a. Tierras forestales covertidas a			Suelos	CO2	Factor relativo de cambio del stock (FLU,	2	Ideam	Inventario Forestal Nacional (IFN) y Sistema de Monitoreo de

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
		de cultivo	tierras de cultivo					FMG y FI)			Bosques y Carbono (SMByC)
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.2. Tierras convertidas a tierras de cultivo	4.B.2.a. Tierras forestales covertidas a tierras de cultivo			Biomasa	CO2	Tasa de relación de biomasa subterranea sobre biomasa aerea	1	Ideam	Inventario Forestal Nacional (IFN) y Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC)
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.2. Tierras convertidas a tierras de cultivo	4.B.2.a. Tierras forestales covertidas a tierras de cultivo				CO2	Fraccion de C en biomasa seca	2	MADR – CIAT / consistente con IPCC	Valores por defecto y ajustes nacionales
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.2. Tierras convertidas a tierras de cultivo	4.B.2.a. Tierras forestales covertidas a tierras de cultivo				CO2	Factor de conversion C-C02		IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volumen 1, Capítulo 1.	Directrices metodológicas internacionales
4. LULUCF	4.B. Tierras de cultivo	4.B.2. Tierras convertidas a tierras	4.B.2.a. Tierras forestales covertidas a tierras de cultivo				CO2	Factor de resta absorciones		IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories,	Lineamientos metodológicos para reporte de remociones

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
		de cultivo								Volumen 1, Capítulo 1.	
4. LULUCF	4.C. Pastizales	4.C.1. Pastizales que permanecen como tales				Biomasa	CO2	Factores implícitos de ganancia en las reservas de carbono	2	MADR, FEDEGÁN y TNC.	Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible (GCS)
4. LULUCF	4.C. Pastizales	4.C.1. Pastizales que permanecen como tales				Biomasa	CO2	Factores implícitos de perdidas en las reservas de carbono	2	MADR, FEDEGÁN y TNC.	Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible (GCS)
4. LULUCF	4.C. Pastizales	4.C.1. Pastizales que permanecen como tales				Suelos	CO2	Factores implícitos de perdidas en las reservas de carbono	2	MADR, FEDEGÁN y TNC.	Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible (GCS)

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
4. LULUCF	4.C. Pastizales	4.C.1. Pastizales que permanecen como tales					CO2	Factor de conversion C-C02		IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volumen 1, Capítulo 1.	Directrices metodológicas internacionales
4. LULUCF	4.C. Pastizales	4.C.1. Pastizales que permanecen como tales					CO2	Factor de resta absorciones		IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volumen 1, Capítulo 1.	Lineamientos metodológicos para reporte de remociones
4. LULUCF	4.C. Pastizales	4.C.2. Tierras convertidas a pastizales	4.C.2.a. Tierras forestales convertidas a pastizales			Biomasa	CO2	Cantidad de materia seca por hectarea para biomasa aérea	2	Ideam	Inventario Forestal Nacional (IFN) y Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC)
4. LULUCF	4.C. Pastizales	4.C.2. Tierras convertidas a pastizales	4.C.2.a. Tierras forestales convertidas a pastizales			Biomasa	CO2	Cantidad de materia seca por hectarea para biomasa subterranea	2	Ideam	Inventario Forestal Nacional (IFN) y Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC)

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
4. LULUCF	4.C. Pastizales	4.C.2. Tierras convertidas a pastizales	4.C.2.a. Tierras forestales convertidas a pastizales			MOM	CO2	Cantidad de materia seca por hectarea para detritos finos de madera	2	Ideam	Inventario Forestal Nacional (IFN) y Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC)
4. LULUCF	4.C. Pastizales	4.C.2. Tierras convertidas a pastizales	4.C.2.a. Tierras forestales convertidas a pastizales			MOM	CO2	Cantidad de materia seca por hectarea para detritos gruesos de madera	2	Ideam	Inventario Forestal Nacional (IFN) y Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC)
4. LULUCF	4.C. Pastizales	4.C.2. Tierras convertidas a pastizales	4.C.2.a. Tierras forestales convertidas a pastizales			MOM	CO2	Cantidad de materia seca por hectaria de arboles muertos en pie y tocones muertos	2	Ideam	Inventario Forestal Nacional (IFN) y Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC)
4. LULUCF	4.C. Pastizales	4.C.2. Tierras convertidas a	4.C.2.a. Tierras forestales convertidas a pastizales			MOM	CO2	Cantidad de carbono por hectarea en	1	Ideam	Inventario Forestal Nacional (IFN) y Sistema de Monitoreo de

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
		pastizales						hojarasca			Bosques y Carbono (SMByC)
4. LULUCF	4.C. Pastizales	4.C.2. Tierras convertidas a pastizales	4.C.2.a. Tierras forestales convertidas a pastizales			Suelos	CO2	Cantidad de carbono organico en el suelo de referencia	2	Ideam	Inventario Forestal Nacional (IFN) y Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC)
4. LULUCF	4.C. Pastizales	4.C.2. Tierras convertidas a pastizales	4.C.2.a. Tierras forestales convertidas a pastizales			Suelos	CO2	Factor relativo de cambio del stock (FLU, FMG y FI)	2	Ideam	Inventario Forestal Nacional (IFN) y Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC)
4. LULUCF	4.C. Pastizales	4.C.2. Tierras convertidas a pastizales	4.C.2.a. Tierras forestales convertidas a pastizales				CO2	Fraccion de C en biomasa seca	2	MADR – CIAT / consistente con IPCC	Valores por defecto y ajustes nacionales
4. LULUCF	4.C. Pastizales	4.C.2. Tierras convertidas a pastizales	4.C.2.a. Tierras forestales convertidas a pastizales				CO2	Factor de conversion C-C02		IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volumen 1, Capítulo 1.	Directrices metodológicas internacionales

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
4. LULUCF	4.C. Pastizales	4.C.2. Tierras convertidas a pastizales	4.C.2.a. Tierras forestales convertidas a pastizales				CO2	Factor de resta absorciones		IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volumen 1, Capítulo 1.	Lineamientos metodológicos para reporte de remociones
4. LULUCF	4.C. Pastizales	4.C.2. Tierras convertidas a pastizales	4.C.2.b.i. Tierras de cultivo convertidas a herbazales			Biomasa	CO2	Cantidad de materia seca por hectarea para biomasa aérea	2	Proyecto Biocarbono Orinoquia	Estudios de biomasa aérea
4. LULUCF	4.C. Pastizales	4.C.2. Tierras convertidas a pastizales	4.C.2.b.i. Tierras de cultivo convertidas a herbazales			Biomasa	CO2	Cantidad de materia seca por hectarea para biomasa subterranea	2	Proyecto Biocarbono Orinoquia	Estudios de biomasa subterránea
4. LULUCF	4.C. Pastizales	4.C.2. Tierras convertidas a pastizales	4.C.2.b.i. Tierras de cultivo convertidas a herbazales			Suelos	CO2	Cantidad de carbono organico en el suelo de referencia	2	Proyecto Biocarbono Orinoquia	Estudios de suelos

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
4. LULUCF	4.D. Humedales	4.D.1 Humedales que permanecen como tales	4.D.1.b. Tierras inundadas que permanecen como tales			Difusión	CO2	Factor de emisión	1	IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volumen 1, Capítulo 1.	Directrices IPCC 2006 + Suplemento de Humedales 2013
4. LULUCF	4.D. Humedales	4.D.1 Humedales que permanecen como tales	4.D.1.b. Tierras inundadas que permanecen como tales				CO2	Días sin hielo	1	IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volumen 1, Capítulo 1.	Directrices IPCC 2006
4. LULUCF	4.D. Humedales	4.D.2. Tierras convertidas a humedales	4.D.2.b. Tierras convertidas a tierras inundadas	4.D.2.b.i. Tierras forestales convertidas a tierras inundadas		Biomasa	CO2	Cantidad de materia seca por hectarea para biomasa aérea	2	Ideam	Inventario Forestal Nacional (IFN) y Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC)
4. LULUCF	4.D. Humedales	4.D.2. Tierras convertidas a humedales	4.D.2.b. Tierras convertidas a tierras inundadas	4.D.2.b.i. Tierras forestales convertidas a tierras inundadas		Biomasa	CO2	Cantidad de materia seca por hectarea para biomasa subterranea	2	Ideam	Inventario Forestal Nacional (IFN) y Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC)

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
4. LULUCF	4.D. Humedales	4.D.2. Tierras convertidas a humedales	4.D.2.b. Tierras convertidas a tierras inundadas	4.D.2.b.i. Tierras forestales convertidas a tierras inundadas			CO2	Cantidad de materia seca en cuerpos de agua	2	Ideam	Inventario Forestal Nacional (IFN) y Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC)
4. LULUCF	4.D. Humedales	4.D.2. Tierras convertidas a humedales	4.D.2.b. Tierras convertidas a tierras inundadas	4.D.2.b.i. Tierras forestales convertidas a tierras inundadas			CO2	Tasa de relación de biomasa subterranea sobre biomasa aerea	2	Ideam	Inventario Forestal Nacional (IFN) y Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC)
4. LULUCF	4.D. Humedales	4.D.2. Tierras convertidas a humedales	4.D.2.b. Tierras convertidas a tierras inundadas	4.D.2.b.i. Tierras forestales convertidas a tierras inundadas		MOM	CO2	Cantidad de materia seca por hectarea para detritos finos de madera	2	Ideam	Inventario Forestal Nacional (IFN) y Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC)
4. LULUCF	4.D. Humedales	4.D.2. Tierras convertidas a humedales	4.D.2.b. Tierras convertidas a tierras inundadas	4.D.2.b.i. Tierras forestales convertidas a tierras inundadas		MOM	CO2	Cantidad de materia seca por hectarea para detritos gruesos de madera	2	Ideam	Inventario Forestal Nacional (IFN) y Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC)

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
4. LULUCF	4.D. Humedales	4.D.2. Tierras convertidas a humedales	4.D.2.b. Tierras convertidas a tierras inundadas	4.D.2.b.i. Tierras forestales convertidas a tierras inundadas		MOM	CO2	Cantidad de materia seca por hectaria de arboles muertos en pie y tocones muertos	2	Ideam	Inventario Forestal Nacional (IFN) y Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC)
4. LULUCF	4.D. Humedales	4.D.2. Tierras convertidas a humedales	4.D.2.b. Tierras convertidas a tierras inundadas	4.D.2.b.i. Tierras forestales convertidas a tierras inundadas		MOM	CO2	Cantidad de carbono por hectarea en hojarasca	1	Ideam	Inventario Forestal Nacional (IFN) y Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC)
4. LULUCF	4.D. Humedales	4.D.2. Tierras convertidas a humedales	4.D.2.b. Tierras convertidas a tierras inundadas	4.D.2.b.i. Tierras forestales convertidas a tierras inundadas		Suelo	CO2	Cantidad de carbono organico en el suelo de referencia	2	Ideam	Inventario Forestal Nacional (IFN) y Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC)
4. LULUCF	4.D. Humedales	4.D.2. Tierras convertidas a humedales	4.D.2.b. Tierras convertidas a tierras inundadas	4.D.2.b.i. Tierras forestales convertidas a tierras inundadas		Suelo	CO2	Factor relativo de cambio del stock (FLU, FMG y FI)	2	Ideam	Inventario Forestal Nacional (IFN) y Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC)

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
4. LULUCF	4.D. Humedales	4.D.2. Tierras convertidas a humedales	4.D.2.b. Tierras convertidas a tierras inundadas	4.D.2.b.i. Tierras forestales convertidas a tierras inundadas			CO2	Fraccion de C en biomasa seca	2	MADR – CIAT / consistente con IPCC	Valores por defecto y ajustes nacionales
4. LULUCF	4.D. Humedales	4.D.2. Tierras convertidas a humedales	4.D.2.b. Tierras convertidas a tierras inundadas	4.D.2.b.i. Tierras forestales convertidas a tierras inundadas			CO2	Factor de conversion C-C02		IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volumen 1, Capítulo 1.	Directrices metodológicas internacionales
4. LULUCF	4.D. Humedales	4.D.2. Tierras convertidas a humedales	4.D.2.b. Tierras convertidas a tierras inundadas	4.D.2.b.i. Tierras forestales convertidas a tierras inundadas			CO2	Factor de resta absorciones		IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volumen 1, Capítulo 1.	Lineamientos metodológicos para reporte de remociones
4. LULUCF	4.D. Humedales	4.D.2. Tierras convertidas a humedales	4.D.2.c. Tierras convertidas a otros humedales	4.D.2.c.ii.1. Tierras de cultivo a humedales de tierras bajas y medias		Biomasa	CO2	Cantidad de materia seca por hectarea para biomasa aérea	2	Proyecto CO_2 Humedales liderado por Fundación Natura-Ecopetrol	Estudios de biomasa aérea
4. LULUCF	4.D. Humedales	4.D.2. Tierras convertidas a	4.D.2.c. Tierras convertidas	4.D.2.c.ii.1. Tierras de cultivo a humedales de tierras		MOM	CO2	Cantidad de materia seca por hectarea	2	Proyecto CO_2 Humedales liderado por Fundación	Estudios de Materia orgánica muerta (hojarasca)

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
		humedales	a otros humedales	bajas y medias				para hojarasca		Natura-Ecopetrol	
4. LULUCF	4.D. Humedales	4.D.2. Tierras convertidas a humedales	4.D.2.c. Tierras convertidas a otros humedales	4.D.2.c.ii.1. Tierras de cultivo a humedales de tierras bajas y medias		Suelo	CO2	Cantidad de carbono organico en el suelo de referencia	2	Proyecto CO_2 Humedales liderado por Fundación Natura-Ecopetrol	Estudios de suelos
4. LULUCF	4.D. Humedales	4.D.2. Tierras convertidas a humedales	4.D.2.c. Tierras convertidas a otros humedales	4.D.2.c.ii.2. Tierras de cultivo a humedales costeros		Biomasa	CO2	Cantidad de materia seca por hectarea para biomasa aérea	2	Recopilación de información internacional	Estudios de biomasa aérea
4. LULUCF	4.D. Humedales	4.D.2. Tierras convertidas a humedales	4.D.2.c. Tierras convertidas a otros humedales	4.D.2.c.ii.2. Tierras de cultivo a humedales costeros		Suelo	CO2	Cantidad de carbono organico en el suelo de referencia	2	Recopilación de información internacional	Estudios de suelos
4. LULUCF	4.E. Asentamientos	4.E.1. Asentamientos que permanecen				Biomasa	CO2	Acumulación de carbono anual	1	IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories,	Directrices IPCC 2006 / 2019 (AFOLU)

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
		como tales								Volumen 1, Capítulo 1.	
4. LULUCF	4.E. Asentamientos	4.E.1. Asentamientos que permanecen como tales				Biomasa	CO2	Fraccion de C en biomasa seca	1	MADR – CIAT / consistente con IPCC	Valores por defecto y ajustes nacionales
4. LULUCF	4.E. Asentamientos	4.E.1. Asentamientos que permanecen como tales				Biomasa	CO2	Factor de conversion C-C02		IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volumen 1, Capítulo 1.	Directrices metodológicas internacionales
4. LULUCF	4.E. Asentamientos	4.E.1. Asentamientos que permanecen como tales				Biomasa	CO2	Factor de resta absorciones		IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volumen 1, Capítulo 1.	Lineamientos metodológicos para reporte de remociones

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
4. LULUCF	4.E. Asentamientos	4.E.1. Asentamientos que permanecen como tales				Biomasa	CO2	Tiempo de cultivo	1	IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volumen 1, Capítulo 1.	Directrices IPCC 2006 / 2019 (AFOLU)
4. LULUCF	4.E. Asentamientos	4.E.2. Tierras convertidas a asentamientos	4.E.2.a. Tierras forestales convertidas a asentamientos			Biomasa	CO2	Cantidad de materia seca por hectarea para biomasa aérea	2	Ideam	Inventario Forestal Nacional (IFN) y Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC)
4. LULUCF	4.E. Asentamientos	4.E.2. Tierras convertidas a asentamientos	4.E.2.a. Tierras forestales convertidas a asentamientos			Biomasa	CO2	Cantidad de materia seca por hectarea para biomasa subterranea	2	Ideam	Inventario Forestal Nacional (IFN) y Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC)
4. LULUCF	4.E. Asentamientos	4.E.2. Tierras convertidas a asentamientos	4.E.2.a. Tierras forestales convertidas a asentamientos			MOM	CO2	Cantidad de materia seca por hectarea para detritos finos de madera	2	Ideam	Inventario Forestal Nacional (IFN) y Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC)

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
4. LULUCF	4.E. Asentamientos	4.E.2. Tierras convertidas a asentamientos	4.E.2.a. Tierras forestales convertidas a asentamientos			MOM	CO2	Cantidad de materia seca por hectarea para detritos gruesos de madera	2	Ideam	Inventario Forestal Nacional (IFN) y Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC)
4. LULUCF	4.E. Asentamientos	4.E.2. Tierras convertidas a asentamientos	4.E.2.a. Tierras forestales convertidas a asentamientos			MOM	CO2	Cantidad de materia seca por hectaria de arboles muertos en pie y tocones muertos	2	Ideam	Inventario Forestal Nacional (IFN) y Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC)
4. LULUCF	4.E. Asentamientos	4.E.2. Tierras convertidas a asentamientos	4.E.2.a. Tierras forestales convertidas a asentamientos			MOM	CO2	Cantidad de carbono por hectarea en hojarasca	1	Ideam	Inventario Forestal Nacional (IFN) y Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC)
4. LULUCF	4.E. Asentamientos	4.E.2. Tierras convertidas a asenta	4.E.2.a. Tierras forestales convertidas a			Suelo	CO2	Cantidad de carbono organico en el suelo de	2	Ideam	Inventario Forestal Nacional (IFN) y Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC)

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
		mientos	asentamientos					referencia			
4. LULUCF	4.E. Asentamientos	4.E.2. Tierras convertidas a asentamientos	4.E.2.a. Tierras forestales convertidas a asentamientos			Suelo	CO2	Factor relativo de cambio del stock (FLU, FMG y FI)	2	Ideam	Inventario Forestal Nacional (IFN) y Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC)
4. LULUCF	4.E. Asentamientos	4.E.2. Tierras convertidas a asentamientos	4.E.2.a. Tierras forestales convertidas a asentamientos				CO2	Fraccion de C en biomasa seca	2	MADR – CIAT / consistente con IPCC	Valores por defecto y ajustes nacionales
4. LULUCF	4.E. Asentamientos	4.E.2. Tierras convertidas a asentamientos	4.E.2.a. Tierras forestales convertidas a asentamientos				CO2	Factor de conversion C-C02		IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volumen 1, Capítulo 1.	Directrices metodológicas internacionales
4. LULUCF	4.E. Asentamientos	4.E.2. Tierras convertidas a asentamientos	4.E.2.a. Tierras forestales convertidas a asentamientos				CO2	Factor de resta absorciones		IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories,	Lineamientos metodológicos para reporte de remociones

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
										Volumen 1, Capítulo 1.	
4. LULUCF	4.F. Otras tierras	4.F.2. Tierras convertidas a otras tierras	4.F.2.a. Tierras forestales convertidas a otras tierras			Biomasa	CO2	Cantidad de materia seca por hectarea para biomasa aérea	2	Ideam	Inventario Forestal Nacional (IFN) y Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC)
4. LULUCF	4.F. Otras tierras	4.F.2. Tierras convertidas a otras tierras	4.F.2.a. Tierras forestales convertidas a otras tierras			Biomasa	CO2	Cantidad de materia seca por hectarea para biomasa subterranea	2	Ideam	Inventario Forestal Nacional (IFN) y Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC)
4. LULUCF	4.F. Otras tierras	4.F.2. Tierras convertidas a otras tierras	4.F.2.a. Tierras forestales convertidas a otras tierras			Biomasa	CO2	Cantidad de materia seca en tierras inundadas	2	Ideam	Inventario Forestal Nacional (IFN) y Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC)
4. LULUCF	4.F. Otras tierras	4.F.2. Tierras convertidas a	4.F.2.a. Tierras forestales convertidas			Biomasa	CO2	Tasa de relación de biomasa subterra	2	Ideam	Inventario Forestal Nacional (IFN) y Sistema de Monitoreo de

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
		otras tierras	a otras tierras					nea sobre biomasa aérea			Bosques y Carbono (SMByC)
4. LULUCF	4.F. Otras tierras	4.F.2. Tierras convertidas a otras tierras	4.F.2.a. Tierras forestales convertidas a otras tierras			MOM	CO2	Cantidad de materia seca por hectarea para detritos finos de madera	2	Ideam	Inventario Forestal Nacional (IFN) y Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC)
4. LULUCF	4.F. Otras tierras	4.F.2. Tierras convertidas a otras tierras	4.F.2.a. Tierras forestales convertidas a otras tierras			MOM	CO2	Cantidad de materia seca por hectarea para detritos gruesos de madera	2	Ideam	Inventario Forestal Nacional (IFN) y Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC)
4. LULUCF	4.F. Otras tierras	4.F.2. Tierras convertidas a otras tierras	4.F.2.a. Tierras forestales convertidas a otras tierras			MOM	CO2	Cantidad de materia seca por hectaria de arboles muertos en pie y tocones muertos	2	Ideam	Inventario Forestal Nacional (IFN) y Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC)

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
4. LULUCF	4.F. Otras tierras	4.F.2. Tierras convertidas a otras tierras	4.F.2.a. Tierras forestales convertidas a otras tierras			MOM	CO2	Cantidad de carbono por hectarea en hojarasca	1	Ideam	Inventario Forestal Nacional (IFN) y Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC)
4. LULUCF	4.F. Otras tierras	4.F.2. Tierras convertidas a otras tierras	4.F.2.a. Tierras forestales convertidas a otras tierras			Suelos	CO2	Cantidad de carbono organico en el suelo de referencia	2	Ideam	Inventario Forestal Nacional (IFN) y Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC)
4. LULUCF	4.F. Otras tierras	4.F.2. Tierras convertidas a otras tierras	4.F.2.a. Tierras forestales convertidas a otras tierras			Suelos	CO2	Factor relativo de cambio del stock (FLU, FMG y FI)	2	Ideam	Inventario Forestal Nacional (IFN) y Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC)
4. LULUCF	4.F. Otras tierras	4.F.2. Tierras convertidas a otras tierras	4.F.2.a. Tierras forestales convertidas a otras tierras				CO2	Factor de conversión de C en biomasa seca	2	MADR – CIAT / consistente con IPCC	Valores por defecto y ajustes nacionales

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
4. LULUCF	4.F. Otras tierras	4.F.2. Tierras convertidas a otras tierras	4.F.2.a. Tierras forestales convertidas a otras tierras				CO2	Factor de conversion C-C02		IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volumen 1, Capítulo 1.	Directrices metodológicas internacionales
4. LULUCF	4.F. Otras tierras	4.F.2. Tierras convertidas a otras tierras	4.F.2.a. Tierras forestales convertidas a otras tierras				CO2	Factor de resta absorciones		IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volumen 1, Capítulo 1.	Lineamientos metodológicos para reporte de remociones
4. LULUCF	4.G. Productos de la madera recolectada (Consumo doméstico)	4.G.1. Madera maciza	4.G.1.a. Madera aserrada				CO2	Vida media predeterminada	1	IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volumen 1, Capítulo 1.	Directrices IPCC 2019 (Refinamiento)
4. LULUCF	4.G. Productos de la madera recolectada (Consumo	4.G.1. Madera maciza	4.G.1.a. Madera aserrada				CO2	Factor de conversión a C	2	MADR – CIAT / consistente con IPCC	Valores por defecto y ajustes nacionales

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
	doméstico)										
4. LULUCF	4.G. Productos de la madera recolectada (Consumo doméstico)	4.G.1. Madera maciza	4.G.1.a. Madera aserrada				CO2	Factor de conversion C-C02		IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volumen 1, Capítulo 1.	Directrices metodológicas internacionales
4. LULUCF	4.G. Productos de la madera recolectada (Consumo doméstico)	4.G.1. Madera maciza	4.G.1.a. Madera aserrada				CO2	Factor de resta absorciones		IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volumen 1, Capítulo 1.	Lineamientos metodológicos para reporte de remociones
4. LULUCF	4.G. Productos de la madera recolectada (Consumo doméstico)	4.G.1. Madera maciza	4.G.1.b. Paneles de madera				CO2	Vida media predeterminada	1	IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volumen 1, Capítulo 1.	Directrices IPCC 2019 (Refinamiento)

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
4. LULUCF	4.G. Productos de la madera recolectada (Consumo doméstico)	4.G.1. Madera maciza	4.G.1.b. Paneles de madera				CO2	Factor de conversión a C	2	MADR – CIAT / consistente con IPCC	Valores por defecto y ajustes nacionales
4. LULUCF	4.G. Productos de la madera recolectada (Consumo doméstico)	4.G.1. Madera maciza	4.G.1.b. Paneles de madera				CO2	Factor de conversion C-C02		IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volumen 1, Capítulo 1.	Directrices metodológicas internacionales
4. LULUCF	4.G. Productos de la madera recolectada (Consumo doméstico)	4.G.1. Madera maciza	4.G.1.b. Paneles de madera				CO2	Factor de resta absorciones		IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volumen 1, Capítulo 1.	Lineamientos metodológicos para reporte de remociones
4. LULUCF	4.G. Productos de la madera recolectada	4.G.2. Papel y cartón	4.G.2.a. Otros				CO2	Vida media predeterminada	1	IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories,	Directrices IPCC 2019 (Refinamiento)

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
	(Consumo doméstico)									Volumen 1, Capítulo 1.	
4. LULUCF	4.G. Productos de la madera recolectada (Consumo doméstico)	4.G.2. Papel y cartón	4.G.2.a. Otros				CO2	Factor de conversión a C	2	MADR – CIAT / consistente con IPCC	Valores por defecto y ajustes nacionales
4. LULUCF	4.G. Productos de la madera recolectada (Consumo doméstico)	4.G.2. Papel y cartón	4.G.2.a. Otros				CO2	Factor de conversion C-C02		IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volumen 1, Capítulo 1.	Directrices metodológicas internacionales
4. LULUCF	4.G. Productos de la madera recolectada (Consumo doméstico)	4.G.2. Papel y cartón	4.G.2.a. Otros				CO2	Factor de resta absorciones		IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volumen 1, Capítulo 1.	Lineamientos metodológicos para reporte de remociones

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
4. LULUCF	4.(II). Emisiones y absorciones provenientes del drenaje y rehumedecimiento y otros manejos de suelos orgánicos y minerales	4(II).D. Humedales	4(II).D.1.Humedales que permanecen como tales	4(II).D.1.b. Tierras inundadas que permanecen como tales	Total suelos minerales	Difusión	CH4	Factor de emisión	1	IPCC	Directrices IPCC 2006 + Suplemento Humedales 2013
4. LULUCF	4.(II). Emisiones y absorciones provenientes del drenaje y rehumedecimiento y otros manejos de suelos orgánic	4(II).D. Humedales	4(II).D.1.Humedales que permanecen como tales	4(II).D.1.b. Tierras inundadas que permanecen como tales	Total suelos minerales		CH4	Días sin hielo		IPCC	Directrices IPCC 2006

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
	os y minerales										
4. LULUCF	4.(II). Emisiones y absorciones provenientes del drenaje y rehumedecimiento y otros manejos de suelos orgánicos y minerales	4(II).D. Humedales	4(II).D.1.Humedales que permanecen como tales	4(II).D.1.b. Tierras inundadas que permanecen como tales	Total suelos minerales		CH4	Potencial calentamiento global CH4	1	IPCC	Directrices IPCC 2013 / AR5
4. LULUCF	4(IV). Quema de biomasa	4(IV).A. Tierras forestales	4(IV).A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	4(IV).A.1.b. Incendios forestales		Biomasa		Biomasa	1C	Ideam / IPCC	Factores por defecto IPCC

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
4. LULUCF	4(IV). Quema de biomasa	4(IV).A. Tierras forestales	4(IV).A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	4(IV).A.1.b. Incendios forestales			CO2	Factor de combustión CO2	1C	Ideam / IPCC	Factores por defecto IPCC
4. LULUCF	4(IV). Quema de biomasa	4(IV).A. Tierras forestales	4(IV).A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	4(IV).A.1.b. Incendios forestales				Densidad de combustible	1C	Ideam / IPCC	Factores por defecto IPCC
4. LULUCF	4(IV). Quema de biomasa	4(IV).A. Tierras forestales	4(IV).A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	4(IV).A.1.b. Incendios forestales				Masa de biomasa disponible	1C	Ideam / IPCC	Factores por defecto IPCC
4. LULUCF	4(IV). Quema de biomasa	4(IV).A. Tierras forestales	4(IV).A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	4(IV).A.1.b. Incendios forestales				Factor de combustión	1C	Ideam / IPCC	Factores por defecto IPCC
4. LULUCF	4(IV). Quema de biomasa	4(IV).A. Tierras forestales	4(IV).A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	4(IV).A.1.b. Incendios forestales			CH4	Factor de emisión	1C	Ideam / IPCC	Factores por defecto IPCC

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
4. LULUCF	4(IV). Quema de biomasa	4(IV).A. Tierras forestales	4(IV).A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	4(IV).A.1.b. Incendios forestales			N2O	Factor de emisión	1C	Ideam / IPCC	Factores por defecto IPCC
4. LULUCF	4(IV). Quema de biomasa	4(IV).A. Tierras forestales	4(IV).A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	4(IV).A.1.b. Incendios forestales			CO2	Factor de emisión	1C	Ideam / IPCC	Factores por defecto IPCC
4. LULUCF	4(IV). Quema de biomasa	4(IV).A. Tierras forestales	4(IV).A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	4(IV).A.1.b. Incendios forestales			NOx	Factor de emisión	1C	Ideam / IPCC	Factores por defecto IPCC
4. LULUCF	4(IV). Quema de biomasa	4(IV).A. Tierras forestales	4(IV).A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	4(IV).A.1.b. Incendios forestales				Fracción área quemada	1C	Ideam / IPCC	Factores por defecto IPCC
4. LULUCF	4(IV). Quema de biomasa	4(IV).A. Tierras forestales	4(IV).A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	4(IV).A.1.b. Incendios forestales				Factor de conversión C-CO2		IPCC	Guías metodológicas IPCC 2006

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
4. LULUCF	4(IV). Quema de biomasa	4(IV).C. Pastizales	4(IV).C.1. Pastizales que permanecen como tales	4(IV).C.1.b. Incendios forestales				Factor de combustión	1C	Ideam / IPCC	Factores por defecto IPCC
4. LULUCF	4(IV). Quema de biomasa	4(IV).C. Pastizales	4(IV).C.1. Pastizales que permanecen como tales	4(IV).C.1.b. Incendios forestales				Densidad de combustible	1C	Ideam / IPCC	Factores por defecto IPCC
4. LULUCF	4(IV). Quema de biomasa	4(IV).C. Pastizales	4(IV).C.1. Pastizales que permanecen como tales	4(IV).C.1.b. Incendios forestales			CH4	Factor de emisión	1C	Ideam / IPCC	Factores por defecto IPCC
4. LULUCF	4(IV). Quema de biomasa	4(IV).C. Pastizales	4(IV).C.1. Pastizales que permanecen como tales	4(IV).C.1.b. Incendios forestales			N2O	Factor de emisión	1C	Ideam / IPCC	Factores por defecto IPCC
4. LULUCF	4(IV). Quema de biomasa	4(IV).C. Pastizales	4(IV).C.1. Pastizales que permanecen como tales	4(IV).C.1.b. Incendios forestales			CO2	Factor de emisión	1C	Ideam / IPCC	Factores por defecto IPCC
4. LULUCF	4(IV). Quema de biomasa	4(IV).C. Pastizales	4(IV).C.1. Pastizales que permanecen como tales	4(IV).C.1.b. Incendios forestales			NOx	Factor de emisión	1C	Ideam / IPCC	Factores por defecto IPCC

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
4. LULUCF	4(IV). Quema de biomasa	4(IV).C. Pastizales	4(IV).C.1. Pastizales que permanecen como tales	4(IV).C.1.b. Incendios forestales			SO_2	Factor de emisión	1C	Ideam / IPCC	Factores por defecto IPCC
4. LULUCF	4(IV). Quema de biomasa	4(IV).C. Pastizales	4(IV).C.1. Pastizales que permanecen como tales	4(IV).C.1.b. Incendios forestales		Biomasa		Biomasa	1C	Ideam / IPCC	Factores por defecto IPCC
4. LULUCF	4(IV). Quema de biomasa	4(IV).C. Pastizales	4(IV).C.1. Pastizales que permanecen como tales	4(IV).C.1.b. Incendios forestales		Factor de emisión CO (sabanas y pastos)	CO2	Factor de emisión	1C	Ideam / IPCC	Factores por defecto IPCC
4. LULUCF	4(IV). Quema de biomasa	4(IV).C. Pastizales	4(IV).C.1. Pastizales que permanecen como tales	4(IV).C.1.b. Incendios forestales		Factor de converción C-CO2		Factor de conversión C-CO2		IPCC	Guías metodológicas IPCC 2006
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.1 Sitios gestionado de residuos sólidos	5.A.1.a. Anaerobico	5.A.1.a.iv. Residuos voluminosos			CH4	Factor de corrección de metano (MCF)	2	IPCC-Directrices 2006	Vol 5. Capítulo 10, Modelo FOD
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.1 Sitios gestionado de residuo	5.A.1.a. Anaerobico	5.A.1.a.iv. Residuos voluminosos			CH4	Fracción de metano en gas (F)	2	IPCC-Directrices 2006	Vol 5. Capítulo 10, Modelo FOD

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
		s sólidos									
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.1 Sitios gestionado de residuos sólidos	5.A.1.a. Anaerobico	5.A.1.a.iv. Residuos voluminosos			CH4	Fracción de DOC disimilado (DOCf)	2	IPCC-Directrices 2006	Vol 5. Capítulo 10, Modelo FOD
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.1 Sitios gestionado de residuos sólidos	5.A.1.a. Anaerobico	5.A.1.a.iv. Residuos voluminosos			CH4	Metano recuperado (R)	2	IPCC-Directrices 2006	Vol 5. Capítulo 10, Modelo FOD
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.1 Sitios gestionado de residuos sólidos	5.A.1.a. Anaerobico	5.A.1.a.iv. Residuos voluminosos			CH4	Factor de oxidación (OX)	2	IPCC-Directrices 2006	Vol 5. Capítulo 10, Modelo FOD
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.1 Sitios gestionado de residuos sólidos	5.A.1.a. Anaerobico	5.A.1.a.iv. Residuos voluminosos			CH4	Factor de conversión de C a CH_4 (16/12)	2	IPCC-Directrices 2006	Vol 5. Capítulo 10, Modelo FOD
5. Residuos	5.A. Eliminación de	5.A.1 Sitios gestion	5.A.1.a. Anaerobico	5.A.1.a.iv. Residuos voluminosos			CH4	Año de inicio del sitio de	2	SSPD, 2025	

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
	residuos sólidos	ado de residuos sólidos						disposición			
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.1 Sitios gestionado de residuos sólidos	5.A.1.a. Anaerobico	5.A.1.a.iv. Residuos voluminosos			CH4	Tiempo de retardo	2	IPCC-Directrices 2006	Vol 5. Capítulo 10, Modelo FOD
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.1 Sitios gestionado de residuos sólidos	5.A.1.a. Anaerobico	5.A.1.a.iv. Residuos voluminosos			CH4	Almacenamiento de C (Papel/Cartón)	2	IPCC-Directrices 2006	Vol 5. Capítulo 10, Modelo FOD
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.1 Sitios gestionado de residuos sólidos	5.A.1.a. Anaerobico	5.A.1.a.iv. Residuos voluminosos			CH4	Almacenamiento de C (Madera)	2	IPCC-Directrices 2006	Vol 5. Capítulo 10, Modelo FOD
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.1 Sitios gestionado de residuos sólidos	5.A.1.a. Anaerobico	5.A.1.a.iv. Residuos voluminosos			CH4	Contenido de carbono orgánico degradable (DOC) en pañales desechables	2	IPCC-Directrices 2006	Vol 5. Capítulo 10, Modelo FOD

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.1 Sitios gestionado de residuos sólidos	5.A.1.a. Anaerobico	5.A.1.a.iv. Residuos voluminosos			CH4	Contenido de carbono orgánico degradable (DOC) en residuos de alimentos	2	IPCC-Directrices 2006	Vol 5. Capítulo 10, Modelo FOD
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.1 Sitios gestionado de residuos sólidos	5.A.1.a. Anaerobico	5.A.1.a.iv. Residuos voluminosos			CH4	Contenido de carbono orgánico degradable (DOC) en residuos de jardín y poda	2	IPCC-Directrices 2006	Vol 5. Capítulo 10, Modelo FOD
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.1 Sitios gestionado de residuos sólidos	5.A.1.a. Anaerobico	5.A.1.a.iv. Residuos voluminosos			CH4	Contenido de carbono orgánico degradable (DOC) en residuos industriales	2	IPCC-Directrices 2006	Vol 5. Capítulo 10, Modelo FOD
5. Residuos	5.A. Eliminación de	5.A.1 Sitios gestionado de residuo	5.A.1.a. Anaerobico	5.A.1.a.iv. Residuos voluminosos			CH4	Contenido de carbono orgánico degrada	2	IPCC-Directrices 2006	Vol 5. Capítulo 10, Modelo FOD

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
	residuos sólidos	s sólidos						ble(DOC) en papel y cartón			
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.1 Sitios gestionado de residuos sólidos	5.A.1.a. Anaerobico	5.A.1.a.iv. Residuos voluminosos			CH4	Contenido de carbono orgánico degradable (DOC) en lodos de aguas residuales	2	IPCC-Directrices 2006	Vol 5. Capítulo 10, Modelo FOD
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.1 Sitios gestionado de residuos sólidos	5.A.1.a. Anaerobico	5.A.1.a.iv. Residuos voluminosos			CH4	Contenido de carbono orgánico degradable (DOC) en textiles	2	IPCC-Directrices 2006	Vol 5. Capítulo 10, Modelo FOD
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.1 Sitios gestionado de residuos sólidos	5.A.1.a. Anaerobico	5.A.1.a.iv. Residuos voluminosos			CH4	Contenido de carbono orgánico degradable (DOC) en madera y paja	2	IPCC-Directrices 2006	Vol 5. Capítulo 10, Modelo FOD

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.1 Sitios gestionado de residuos sólidos	5.A.1.a. Anaerobico	5.A.1.a.iv. Residuos voluminosos			CH4	Constante de descomposición (k) de madera y paja	2	IPCC-Directrices 2006	Vol 5. Capítulo 10, Modelo FOD
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.1 Sitios gestionado de residuos sólidos	5.A.1.a. Anaerobico	5.A.1.a.iv. Residuos voluminosos			CH4	Constante de descomposición (k) de papel y cartón	2	IPCC-Directrices 2006	Vol 5. Capítulo 10, Modelo FOD
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.1 Sitios gestionado de residuos sólidos	5.A.1.a. Anaerobico	5.A.1.a.iv. Residuos voluminosos			CH4	Constante de descomposición (k) de textiles	2	IPCC-Directrices 2006	Vol 5. Capítulo 10, Modelo FOD
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.1 Sitios gestionado de residuos sólidos	5.A.1.a. Anaerobico	5.A.1.a.iv. Residuos voluminosos			CH4	Constante de descomposición (k) de residuos de jardín y poda	2	IPCC-Directrices 2006	Vol 5. Capítulo 10, Modelo FOD
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.1 Sitios gestionado de residuo	5.A.1.a. Anaerobico	5.A.1.a.iv. Residuos voluminosos			CH4	Constante de descomposición (k) de pañales	2	IPCC-Directrices 2006	Vol 5. Capítulo 10, Modelo FOD

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
		s sólidos						desechables			
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.1 Sitios gestionado de residuos sólidos	5.A.1.a. Anaerobico	5.A.1.a.iv. Residuos voluminosos			CH4	Constante de descomposición (k) de residuos industriales	2	IPCC-Directrices 2006	Vol 5. Capítulo 10, Modelo FOD
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.1 Sitios gestionado de residuos sólidos	5.A.1.a. Anaerobico	5.A.1.a.iv. Residuos voluminosos			CH4	Constante de descomposición (k) de residuos de alimentos	2	IPCC-Directrices 2006	Vol 5. Capítulo 10, Modelo FOD
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.1 Sitios gestionado de residuos sólidos	5.A.1.a. Anaerobico	5.A.1.a.iv. Residuos voluminosos			CH4	Constante de descomposición (k) de lodos de aguas residuales	2	IPCC-Directrices 2006	Vol 5. Capítulo 10, Modelo FOD
5. Residuos	5.A. Eliminación de	5.A.1 Sitios gestionado de residuo	5.A.1.a. Anaerobico	5.A.1.a.iv. Residuos voluminosos			CH4	Vida media (t1/2) de madera y paja	2	IPCC-Directrices 2006	Vol 5. Capítulo 10, Modelo FOD

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
	residuos sólidos	s sólidos						(muy lenta)			
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.1 Sitios gestionado de residuos sólidos	5.A.1.a. Anaerobico	5.A.1.a.iv. Residuos voluminosos			CH4	Vida media (t1/2) de textiles (lenta)	2	IPCC-Directrices 2006	Vol 5. Capítulo 10, Modelo FOD
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.1 Sitios gestionado de residuos sólidos	5.A.1.a. Anaerobico	5.A.1.a.iv. Residuos voluminosos			CH4	Vida media (t1/2) de papel y cartón (lenta)	2	IPCC-Directrices 2006	Vol 5. Capítulo 10, Modelo FOD
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.1 Sitios gestionado de residuos sólidos	5.A.1.a. Anaerobico	5.A.1.a.iv. Residuos voluminosos			CH4	Vida media (t1/2) de pañales desechables (moderada)	2	IPCC-Directrices 2006	Vol 5. Capítulo 10, Modelo FOD
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.1 Sitios gestionado de residuos sólidos	5.A.1.a. Anaerobico	5.A.1.a.iv. Residuos voluminosos			CH4	Vida media (t1/2) de residuos de jardín y poda (moderada)	2	IPCC-Directrices 2006	Vol 5. Capítulo 10, Modelo FOD

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.1 Sitios gestionado de residuos sólidos	5.A.1.a. Anaeróbico	5.A.1.a.iv. Residuos voluminosos			CH4	Vida media (t1/2) de residuos industriales (moderada)	2	IPCC-Directrices 2006	Vol 5. Capítulo 10, Modelo FOD
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.1 Sitios gestionado de residuos sólidos	5.A.1.a. Anaeróbico	5.A.1.a.iv. Residuos voluminosos			CH4	Vida media (t1/2) de lodos de aguas residuales (rápida)	2	IPCC-Directrices 2006	Vol 5. Capítulo 10, Modelo FOD
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.1 Sitios gestionado de residuos sólidos	5.A.1.a. Anaeróbico	5.A.1.a.iv. Residuos voluminosos			CH4	Vida media (t1/2) de residuos de alimentos (rápida)	2	IPCC-Directrices 2006	Vol 5. Capítulo 10, Modelo FOD
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.1 Sitios gestionado de residuos sólidos	5.A.1.a. Anaeróbico	5.A.1.a.iv. Residuos voluminosos			CH4	Composición de residuos sólidos por tipo	2	GMI, 2010	Colombia Landfill Gas Model - Waste Composition
5. Residuos	5.A. Eliminación de	5.A.1 Sitios gestionado de	5.A.1.a. Anaeróbico	5.A.1.a.iv. Residuos voluminosos			COVDM, PM10, PM2.5	Residuos sólidos	1	EMEP/EEA-Guía 2019	Parte B Ch5A-Tb 3-1

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
	residuos sólidos	residuos sólidos						municipales			
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.3. Sitios no categorizados de eliminación de residuos	5.A.3.d Granel - Sin fracciones de residuos				CH4	Factor de corrección de metano (MCF)	2	IPCC-Directrices 2006	Vol 5. Capítulo 10, Modelo FOD
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.3. Sitios no categorizados de eliminación de residuos	5.A.3.d Granel - Sin fracciones de residuos				CH4	Fracción de metano en gas (F)	2	IPCC-Directrices 2006	Vol 5. Capítulo 10, Modelo FOD
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.3. Sitios no categorizados de eliminación de residuos	5.A.3.d Granel - Sin fracciones de residuos				CH4	Fracción de DOC disimilado (DOCf)	2	IPCC-Directrices 2006	Vol 5. Capítulo 10, Modelo FOD

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.3. Sitios no categorizados de eliminación de residuos	5.A.3.d Granel - Sin fracciones de residuos				CH4	Metano recuperado (R)	2	IPCC-Directrices 2006	Vol 5. Capítulo 10, Modelo FOD
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.3. Sitios no categorizados de eliminación de residuos	5.A.3.d Granel - Sin fracciones de residuos				CH4	Factor de oxidación (OX)	2	IPCC-Directrices 2006	Vol 5. Capítulo 10, Modelo FOD
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.3. Sitios no categorizados de eliminación de residuos	5.A.3.d Granel - Sin fracciones de residuos				CH4	Factor de conversión de C a CH_4 (16/12)	2	IPCC-Directrices 2006	Vol 5. Capítulo 10, Modelo FOD
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.3. Sitios no categorizados de	5.A.3.d Granel - Sin fracciones de residuos				CH4	Año de inicio del sitio de disposición	2	SSPD, 2025	

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
		eliminación de residuos									
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.3. Sitios no categorizados de eliminación de residuos	5.A.3.d Granel - Sin fracciones de residuos				CH4	Tiempo de retardo	2	IPCC-Directrices 2006	Vol 5. Capítulo 10, Modelo FOD
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.3. Sitios no categorizados de eliminación de residuos	5.A.3.d Granel - Sin fracciones de residuos				CH4	Almacenamiento de C (Papel/Cartón)	2	IPCC-Directrices 2006	Vol 5. Capítulo 10, Modelo FOD
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.3. Sitios no categorizados de eliminación de residuos	5.A.3.d Granel - Sin fracciones de residuos				CH4	Almacenamiento de C (Madera)	2	IPCC-Directrices 2006	Vol 5. Capítulo 10, Modelo FOD

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.3. Sitios no categorizados de eliminación de residuos	5.A.3.d Granel - Sin fracciones de residuos				CH4	Contenido de carbono orgánico degradable (DOC) en pañales desechables	2	IPCC-Directrices 2006	Vol 5. Capítulo 10, Modelo FOD
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.3. Sitios no categorizados de eliminación de residuos	5.A.3.d Granel - Sin fracciones de residuos				CH4	Contenido de carbono orgánico degradable (DOC) en residuos de alimentos	2	IPCC-Directrices 2006	Vol 5. Capítulo 10, Modelo FOD
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.3. Sitios no categorizados de eliminación de residuos	5.A.3.d Granel - Sin fracciones de residuos				CH4	Contenido de carbono orgánico degradable (DOC) en residuos de jardín y poda	2	IPCC-Directrices 2006	Vol 5. Capítulo 10, Modelo FOD

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.3. Sitios no categorizados de eliminación de residuos	5.A.3.d Granel - Sin fracciones de residuos				CH4	Contenido de carbono orgánico degradable (DOC) en residuos industriales	2	IPCC-Directrices 2006	Vol 5. Capítulo 10, Modelo FOD
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.3. Sitios no categorizados de eliminación de residuos	5.A.3.d Granel - Sin fracciones de residuos				CH4	Contenido de carbono orgánico degradable(DOC) en papel y cartón	2	IPCC-Directrices 2006	Vol 5. Capítulo 10, Modelo FOD
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.3. Sitios no categorizados de eliminación de residuos	5.A.3.d Granel - Sin fracciones de residuos				CH4	Contenido de carbono orgánico degradable (DOC) en lodos de aguas residuales	2	IPCC-Directrices 2006	Vol 5. Capítulo 10, Modelo FOD

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.3. Sitios no categorizados de eliminación de residuos	5.A.3.d Granel - Sin fracciones de residuos				CH4	Contenido de carbono orgánico degradable (DOC) en textiles	2	IPCC-Directrices 2006	Vol 5. Capítulo 10, Modelo FOD
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.3. Sitios no categorizados de eliminación de residuos	5.A.3.d Granel - Sin fracciones de residuos				CH4	Contenido de carbono orgánico degradable (DOC) en madera y paja	2	IPCC-Directrices 2006	Vol 5. Capítulo 10, Modelo FOD
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.3. Sitios no categorizados de eliminación de residuos	5.A.3.d Granel - Sin fracciones de residuos				CH4	Constante de descomposición (k) de madera y paja	2	IPCC-Directrices 2006	Vol 5. Capítulo 10, Modelo FOD
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.3. Sitios no categorizados de	5.A.3.d Granel - Sin fracciones de residuos				CH4	Constante de descomposición (k) de	2	IPCC-Directrices 2006	Vol 5. Capítulo 10, Modelo FOD

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
		eliminación de residuos						papel y cartón			
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.3. Sitios no categorizados de eliminación de residuos	5.A.3.d Granel - Sin fracciones de residuos				CH4	Constante de descomposición (k) de textiles	2	IPCC-Directrices 2006	Vol 5. Capítulo 10, Modelo FOD
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.3. Sitios no categorizados de eliminación de residuos	5.A.3.d Granel - Sin fracciones de residuos				CH4	Constante de descomposición (k) de residuos de jardín y poda	2	IPCC-Directrices 2006	Vol 5. Capítulo 10, Modelo FOD
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.3. Sitios no categorizados de eliminación de residuos	5.A.3.d Granel - Sin fracciones de residuos				CH4	Constante de descomposición (k) de pañales desechables	2	IPCC-Directrices 2006	Vol 5. Capítulo 10, Modelo FOD

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.3. Sitios no categorizados de eliminación de residuos	5.A.3.d Granel - Sin fracciones de residuos				CH4	Constante de descomposición (k) de residuos industriales	2	IPCC-Directrices 2006	Vol 5. Capítulo 10, Modelo FOD
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.3. Sitios no categorizados de eliminación de residuos	5.A.3.d Granel - Sin fracciones de residuos				CH4	Constante de descomposición (k) de residuos de alimentos	2	IPCC-Directrices 2006	Vol 5. Capítulo 10, Modelo FOD
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.3. Sitios no categorizados de eliminación de residuos	5.A.3.d Granel - Sin fracciones de residuos				CH4	Constante de descomposición (k) de lodos de aguas residuales	2	IPCC-Directrices 2006	Vol 5. Capítulo 10, Modelo FOD
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.3. Sitios no categorizados de	5.A.3.d Granel - Sin fracciones de residuos				CH4	Vida media (t1/2) de madera y paja	2	IPCC-Directrices 2006	Vol 5. Capítulo 10, Modelo FOD

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
		eliminación de residuos						(muy lenta)			
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.3. Sitios no categorizados de eliminación de residuos	5.A.3.d Granel - Sin fracciones de residuos				CH4	Vida media (t1/2) de textiles (lenta)	2	IPCC-Directrices 2006	Vol 5. Capítulo 10, Modelo FOD
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.3. Sitios no categorizados de eliminación de residuos	5.A.3.d Granel - Sin fracciones de residuos				CH4	Vida media (t1/2) de papel y cartón (lenta)	2	IPCC-Directrices 2006	Vol 5. Capítulo 10, Modelo FOD
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.3. Sitios no categorizados de eliminación de residuos	5.A.3.d Granel - Sin fracciones de residuos				CH4	Vida media (t1/2) de pañales desechables (moderada)	2	IPCC-Directrices 2006	Vol 5. Capítulo 10, Modelo FOD

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.3. Sitios no categorizados de eliminación de residuos	5.A.3.d Granel - Sin fracciones de residuos				CH4	Vida media (t1/2) de residuos de jardín y poda (moderada)	2	IPCC-Directrices 2006	Vol 5. Capítulo 10, Modelo FOD
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.3. Sitios no categorizados de eliminación de residuos	5.A.3.d Granel - Sin fracciones de residuos				CH4	Vida media (t1/2) de residuos industriales (moderada)	2	IPCC-Directrices 2006	Vol 5. Capítulo 10, Modelo FOD
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.3. Sitios no categorizados de eliminación de residuos	5.A.3.d Granel - Sin fracciones de residuos				CH4	Vida media (t1/2) de lodos de aguas residuales (rápida)	2	IPCC-Directrices 2006	Vol 5. Capítulo 10, Modelo FOD
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.3. Sitios no categorizados de	5.A.3.d Granel - Sin fracciones de residuos				CH4	Vida media (t1/2) de residuos de alimento	2	IPCC-Directrices 2006	Vol 5. Capítulo 10, Modelo FOD

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
		eliminación de residuos						s (rápida)			
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.3. Sitios no categorizados de eliminación de residuos	5.A.3.d Granel - Sin fracciones de residuos				CH4	Composición de residuos sólidos por tipo	2	GMI, 2010	Colombia Landfill Gas Model - Waste Composition
5. Residuos	5.A. Eliminación de residuos sólidos	5.A.3. Sitios no categorizados de eliminación de residuos	5.A.3.d Granel - Sin fracciones de residuos			Residuos sólidos municipales	COVDM, PM10, PM2.5		1	EMEP/EEA-Guía 2019	Parte B Ch5A-Tb 3-1
5. Residuos	5.C. Incineración e incineración abierta de residuos	5.C.1. Incineración de residuos	5.C.1.a. Biogénicos	5.C.1.a.ii Otros		Biogénicos - animales, Biogénicos - hospitalarios	CO2		2a	IPCC-Directrices 2006	CU5.2 V5 CH5

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
5. Residuos	5.C. Incineración e incineración abierta de residuos	5.C.1. Incineración de residuos	5.C.1.a. Biogénicos	5.C.1.a.ii Otros		Biogénicos - animales, Biogénicos - hospitalarios	CN, CO, COVDM, NOx, PM10, PM2.5, PST, SO2		1	EMEP/EEA-Guía 2019	Parte B CH5C1b, Parte B CH5C1biii
5. Residuos	5.C. Incineración e incineración abierta de residuos	5.C.1. Incineración de residuos	5.C.1.b. No biogénicos	5.C.1.b.ii Otros	5.C.1.b.ii.2. Residuos peligrosos	No biogénicos - peligrosos	CO2		2a	IPCC-Directrices 2006	CU5.2 V5 CH5
5. Residuos	5.C. Incineración e incineración abierta de residuos	5.C.1. Incineración de residuos	5.C.1.b. No biogénicos	5.C.1.b.ii Otros	5.C.1.b.ii.2. Residuos peligrosos	No biogénicos - peligrosos	CN, CO, COVDM, NOx, PM10, PM2.5, PST, SO2		1	EMEP/EEA-Guía 2019	Parte B CH5C1b, PARTE B CH5C1biii
5. Residuos	5.C. Incineración e incineración abierta de residuos	5.C.1. Incineración de residuos	5.C.1.b. No biogénicos	5.C.1.b.ii Otros	5.C.1.b.ii.3. Residuos hospitalarios	No biogénicos - hospitalarios	CO2		2a	IPCC-Directrices 2006	CU5.2 V5 CH5

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
5. Residuos	5.C. Incineración e incineración abierta de residuos	5.C.1. Incineración de residuos	5.C.1.b. No biogénicos	5.C.1.b.ii Otros	5.C.1.b.iii.3. Residuos hospitalarios	No biogénicos - hospitalarios	CN, CO, COVDM, NOx, PST, SO2		1	EMEP/EEA-Guía 2019	Parte B CH5C1b, PARTE B CH5C1biii
5. Residuos	5.C. Incineración e incineración abierta de residuos	5.C.1. Incineración de residuos	5.C.1.b. No biogénicos	5.C.1.b.ii Otros	5.C.1.b.iii.5. Residuos liquidos fósiles	No biogénicos - aceites usados, No biogénicos - solventes	CO2		2a	IPCC-Directrices 2006	CU5.2 V5 CH5
5. Residuos	5.C. Incineración e incineración abierta de residuos	5.C.1. Incineración de residuos	5.C.1.b. No biogénicos	5.C.1.b.ii Otros	5.C.1.b.iii.5. Residuos liquidos fósiles	No biogénicos - aceites usados, No biogénicos - solventes	CN, CO, COVDM, NOx, PM10, PM2.5, PST, SO2		1	EMEP/EEA-Guía 2019	Parte B CH5C1biii, PARTE B CH5C1b
5. Residuos	5.C. Incineración e incineración abierta de residuos	5.C.2. Incineración abierta de residuos	5.C.2.b. No biogénicos	5.C.2.b.i. Residuos sólidos municipales		Bfrac , Comida, Días, FC, Jardin, Madera, Pañales, Papel, Plásticos y otros inertes, Textiles	CO2		2a	IPCC-Directrices 2006	RE5.1 V5 CH5, CU2.4 V5 CH2, EC5.7 V5 CH5, CU5.3 V5 CH5, CU5.6 V5 CH5

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
5. Residuos	5.C. Incineración e incineración abierta de residuos	5.C.2. Incineración abierta de residuos	5.C.2.b. No biogénicos	5.C.2.b.i. Residuos sólidos municipales		Bfrac , Comida, Días, FC, Jardin, Madera, Pañales, Papel, Plásticos y otros inertes, Textiles	CH4, N2O		1	IPCC-Directrices 2006	RE5.1 V5 CH5, CU2.4 V5 CH2, EC5.7 V5 CH5, CU5.3 V5 CH5, CU5.6 V5 CH5
5. Residuos	5.C. Incineración e incineración abierta de residuos	5.C.2. Incineración abierta de residuos	5.C.2.b. No biogénicos	5.C.2.b.i. Residuos sólidos municipales		Pfrac			1	DANE-ECV	Microdatos ECV
5. Residuos	5.C. Incineración e incineración abierta de residuos	5.C.2. Incineración abierta de residuos	5.C.2.b. No biogénicos	5.C.2.b.i. Residuos sólidos municipales		DSMP			1	DANE-CAERS	RSA per cápita
5. Residuos	5.C. Incineración e incineración abierta de residuos	5.C.2. Incineración abierta de residuos	5.C.2.b. No biogénicos	5.C.2.b.i. Residuos sólidos municipales		DSMP			1	Minvivienda-RAS 2015	PPC para municipios colombianos

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
5. Residuos	5.C. Incineración e incineración abierta de residuos	5.C.2. Incineración abierta de residuos	5.C.2.b. No biogénicos	5.C.2.b.i. Residuos sólidos municipales		DSMP			1	Minvivienda-DANE-RAS 2015 – Cuenta Ambiental y Económica de Residuos Sólidos	PPC para municipios colombianos - RSA per cápita
5. Residuos	5.C. Incineración e incineración abierta de residuos	5.C.2. Incineración abierta de residuos	5.C.2.b. No biogénicos	5.C.2.b.i. Residuos sólidos municipales		DSMP			1	SSPD-SUI-Informe de disposición final de residuos - Registros SUI	Datos de disposición final y usuarios del SUI
5. Residuos	5.C. Incineración e incineración abierta de residuos	5.C.2. Incineración abierta de residuos	5.C.2.b. No biogénicos	5.C.2.b.i. Residuos sólidos municipales			CO, COVDM, NOx, PST, SOx		1	US EPA-EPA AP-42	AP-42 CH 2.5 Table 2.5-1
5. Residuos	5.D. Tratamiento y eliminación de aguas residuales	5.D.1.Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas				Alcantarillado, Contenido Nitrogeno, Factor de corrección para DBO industrial dispuesto en las alcantarillas, Proporcion DBO por	CH4, N2O		1	IPCC-Directrices 2006	Modulo Resdiuos

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
						persona anual					
5. Residuos	5.D. Tratamiento y eliminación de aguas residuales	5.D.1.Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas				Cobertura alcantarillado, Hogares con inodoro conectado a alcantarillado, Hogares con inodoro conectado a pozo séptico, Hogares con inodoro sin conexión, Hogares con letrina o bajamar, Hogares que no informan, Hogares sin servicio sanitario			1	DANE-ECV	Microdatos ECV

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
5. Residuos	5.D. Tratamiento y eliminación de aguas residuales	5.D.1.Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas				Caudal diseño: Cloración, Desarenación, Emisarios Submarinos, Estabilización de lodos, Facultativas, Filtros anaeróbicos, Filtros percoladores, Lagunas anaeróbicas, Lagunas de pulimiento, Lodos activados, Maduración, Militamices, Rayos ultravioleta, Reactores anaeróbios, Reactores UASB, Rejillas, Sedimentación químicamente asistida, Sistemas compactos, Tratamiento de lodos			1	SUI	Alcantarillado-Reportes técnicos

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
5. Residuos	5.D. Tratamiento y eliminación de aguas residuales	5.D.1.Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas				kt/persona/año	NH3		1	EMEP/EEA-Guía 2019	
5. Residuos	5.D. Tratamiento y eliminación de aguas residuales	5.D.2. Tratamiento y eliminación aguas residuales industriales					CH4	Factor de emisión ponderado		IPCC-Directrices 2006. Ideam	IPCC 2006-Volumen 5, Capítulo 6, Cuadro 6.8, actualizado en Refinamientos IPCC 2019. RUA
5. Residuos	5.D. Tratamiento y eliminación de aguas residuales	5.D.2. Tratamiento y eliminación aguas residuales industriales					N2O	Factor de emisión ponderado		Refinamiento IPCC 2019 Ideam	Volumen 5. Capítulo 6. Cuadros 6.8A y 6.12. RUA
5. Residuos	5.D. Tratamiento y eliminación de aguas	5.D.2. Tratamiento y eliminación aguas					CH4, N2O	W		Directrices IPCC 2006 Refinamiento IPCC 2019 Guía buenas	

Sector	Categoría	Subcategoría1	Subcategoría2	Subcategoría3	Subcategoría4	Clasificación	Contaminante	Nombre de factor	Nivel (Tier)	Fuente	Instrumento
	residuales	residuales industriales								prácticas 2003	
5. Residuos	5.D. Tratamiento y eliminación de aguas residuales	5.D.2. Tratamiento y eliminación aguas residuales industriales					CH4, N2O	DQO		Directrices IPCC 2006 Refinamiento IPCC 2019 Guía buenas prácticas 2003	
5. Residuos	5.D. Tratamiento y eliminación de aguas residuales	5.D.2. Tratamiento y eliminación aguas residuales industriales					CH4, N2O	TN		Directrices IPCC 2006 Refinamiento IPCC 2019 Guía buenas prácticas 2003	

Anexo 2.1. Tabla de regionalización del SINGEI

Departamento	Codigo_Municipio	Municipio	RN	AutoridadAmbiental	AA
ANTIOQUIA	05001	MEDELLÍN	ANDINA	AREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRA	AMVA
ANTIOQUIA	05002	ABEJORRAL	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL RIONEGRO NARE	CORNARE
ANTIOQUIA	05004	ABRIAQUÍ	ANDINA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL URABA	CORPOURABA
ANTIOQUIA	05021	ALEJANDRÍA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL RIONEGRO NARE	CORNARE
ANTIOQUIA	05030	AMAGÁ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA	CORANTIOQUIA
ANTIOQUIA	05031	AMALFI	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA	CORANTIOQUIA
ANTIOQUIA	05034	ANDES	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA	CORANTIOQUIA
ANTIOQUIA	05036	ANGELÓPOLIS	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA	CORANTIOQUIA
ANTIOQUIA	05038	ANGOSTURA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA	CORANTIOQUIA
ANTIOQUIA	05040	ANORÍ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA	CORANTIOQUIA
ANTIOQUIA	05042	SANTA FÉ DE ANTIOQUIA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA	CORANTIOQUIA
ANTIOQUIA	05044	ANZÁ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA	CORANTIOQUIA
ANTIOQUIA	05045	APARTADÓ	CARIBE	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL URABA	CORPOURABA
ANTIOQUIA	05051	ARBOLETES	CARIBE	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL URABA	CORPOURABA
ANTIOQUIA	05055	ARGELIA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL RIONEGRO NARE	CORNARE
ANTIOQUIA	05059	ARMENIA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA	CORANTIOQUIA
ANTIOQUIA	05079	BARBOSA	ANDINA	AREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRA	AMVA
ANTIOQUIA	05086	BELMIRA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA	CORANTIOQUIA
ANTIOQUIA	05088	BELLO	ANDINA	AREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRA	AMVA
ANTIOQUIA	05091	BETANIA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA	CORANTIOQUIA
ANTIOQUIA	05093	BETULIA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA	CORANTIOQUIA
ANTIOQUIA	05101	CIUDAD BOLÍVAR	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA	CORANTIOQUIA

Departamento	Codigo_Municipio	Municipio	RN	AutoridadAmbiental	AA
ANTIOQUIA	05107	BRICEÑO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA	CORANTIOQUIA
ANTIOQUIA	05113	BURITICÁ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA	CORANTIOQUIA
ANTIOQUIA	05120	CÁCERES	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA	CORANTIOQUIA
ANTIOQUIA	05125	CAICEDO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA	CORANTIOQUIA
ANTIOQUIA	05129	CALDAS	ANDINA	AREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRA	AMVA
ANTIOQUIA	05134	CAMPAMENTO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA	CORANTIOQUIA
ANTIOQUIA	05138	CAÑASGORDAS	ANDINA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL URABA	CORPOURABA
ANTIOQUIA	05142	CARACOLÍ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA	CORANTIOQUIA
ANTIOQUIA	05145	CARAMANTA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA	CORANTIOQUIA
ANTIOQUIA	05147	CAREPA	CARIBE	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL URABA	CORPOURABA
ANTIOQUIA	05148	EL CARMEN DE VIBORAL	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL RIONEGRO NARE	CORNARE
ANTIOQUIA	05150	CAROLINA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA	CORANTIOQUIA
ANTIOQUIA	05154	CAUCASIA	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA	CORANTIOQUIA
ANTIOQUIA	05172	CHIGORODÓ	CARIBE	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL URABA	CORPOURABA
ANTIOQUIA	05190	CISNEROS	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA	CORANTIOQUIA
ANTIOQUIA	05197	COCORNÁ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL RIONEGRO NARE	CORNARE
ANTIOQUIA	05206	CONCEPCIÓN	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL RIONEGRO NARE	CORNARE
ANTIOQUIA	05209	CONCORDIA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA	CORANTIOQUIA
ANTIOQUIA	05212	COPACABANA	ANDINA	AREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRA	AMVA
ANTIOQUIA	05234	DABEIBA	ANDINA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL URABA	CORPOURABA
ANTIOQUIA	05237	DONMATÍAS	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA	CORANTIOQUIA
ANTIOQUIA	05240	EBÉJICO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA	CORANTIOQUIA
ANTIOQUIA	05250	EL BAGRE	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA	CORANTIOQUIA
ANTIOQUIA	05264	ENTRERRÍOS	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA	CORANTIOQUIA

Departamento	Codigo_Municipio	Municipio	RN	AutoridadAmbiental	AA
ANTIOQUIA	05266	ENVIGADO	ANDINA	AREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRA	AMVA
ANTIOQUIA	05282	FREDONIA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA	CORANTIOQUIA
ANTIOQUIA	05284	FRONTINO	ANDINA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL URABA	CORPOURABA
ANTIOQUIA	05306	GIRALDO	ANDINA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL URABA	CORPOURABA
ANTIOQUIA	05308	GIRARDOTA	ANDINA	AREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRA	AMVA
ANTIOQUIA	05310	GÓMEZ PLATA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA	CORANTIOQUIA
ANTIOQUIA	05313	GRANADA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL RIONEGRO NARE	CORNARE
ANTIOQUIA	05315	GUADALUPE	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA	CORANTIOQUIA
ANTIOQUIA	05318	GUARNE	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL RIONEGRO NARE	CORNARE
ANTIOQUIA	05321	GUATAPÉ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL RIONEGRO NARE	CORNARE
ANTIOQUIA	05347	HELICONIA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA	CORANTIOQUIA
ANTIOQUIA	05353	HISPANIA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA	CORANTIOQUIA
ANTIOQUIA	05360	ITAGÜÍ	ANDINA	AREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRA	AMVA
ANTIOQUIA	05361	ITUANGO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA	CORANTIOQUIA
ANTIOQUIA	05364	JARDÍN	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA	CORANTIOQUIA
ANTIOQUIA	05368	JERICÓ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA	CORANTIOQUIA
ANTIOQUIA	05376	LA CEJA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL RIONEGRO NARE	CORNARE
ANTIOQUIA	05380	LA ESTRELLA	ANDINA	AREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRA	AMVA
ANTIOQUIA	05390	LA PINTADA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA	CORANTIOQUIA
ANTIOQUIA	05400	LA UNIÓN	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL RIONEGRO NARE	CORNARE
ANTIOQUIA	05411	LIBORINA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA	CORANTIOQUIA
ANTIOQUIA	05425	MACEO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA	CORANTIOQUIA
ANTIOQUIA	05440	MARINILLA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL RIONEGRO NARE	CORNARE
ANTIOQUIA	05467	MONTEBELLO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA	CORANTIOQUIA

Departamento	Codigo_Municipio	Municipio	RN	AutoridadAmbiental	AA
ANTIOQUIA	05475	MURINDÓ	PACÍFICA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL URABA	CORPOURABA
ANTIOQUIA	05480	MUTATÁ	ANDINA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL URABA	CORPOURABA
ANTIOQUIA	05483	NARIÑO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL RIONEGRO NARE	CORNARE
ANTIOQUIA	05490	NECOCLÍ	CARIBE	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL URABA	CORPOURABA
ANTIOQUIA	05495	NECHÍ	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA	CORANTIOQUIA
ANTIOQUIA	05501	OLAYA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA	CORANTIOQUIA
ANTIOQUIA	05541	PEÑOL	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL RIONEGRO NARE	CORNARE
ANTIOQUIA	05543	PEQUE	ANDINA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL URABA	CORPOURABA
ANTIOQUIA	05576	PUEBLORRICO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA	CORANTIOQUIA
ANTIOQUIA	05579	PUERTO BERRÍO	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA	CORANTIOQUIA
ANTIOQUIA	05585	PUERTO NARE	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA	CORANTIOQUIA
ANTIOQUIA	05591	PUERTO TRIUNFO	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL RIONEGRO NARE	CORNARE
ANTIOQUIA	05604	REMEDIOS	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA	CORANTIOQUIA
ANTIOQUIA	05607	RETIRO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL RIONEGRO NARE	CORNARE
ANTIOQUIA	05615	RIONEGRO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL RIONEGRO NARE	CORNARE
ANTIOQUIA	05628	SABANALARGA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA	CORANTIOQUIA
ANTIOQUIA	05631	SABANETA	ANDINA	AREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRA	AMVA
ANTIOQUIA	05642	SALGAR	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA	CORANTIOQUIA
ANTIOQUIA	05647	SAN ANDRÉS DE CUERQUÍA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA	CORANTIOQUIA
ANTIOQUIA	05649	SAN CARLOS	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL RIONEGRO NARE	CORNARE
ANTIOQUIA	05652	SAN FRANCISCO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL RIONEGRO NARE	CORNARE
ANTIOQUIA	05656	SAN JERÓNIMO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA	CORANTIOQUIA
ANTIOQUIA	05658	SAN JOSÉ DE LA MONTAÑA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA	CORANTIOQUIA
ANTIOQUIA	05659	SAN JUAN DE URABÁ	CARIBE	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL URABA	CORPOURABA

Departamento	Codigo_Municipio	Municipio	RN	AutoridadAmbiental	AA
ANTIOQUIA	05660	SAN LUIS	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL RIONEGRO NARE	CORNARE
ANTIOQUIA	05664	SAN PEDRO DE LOS MILAGROS	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA	CORANTIOQUIA
ANTIOQUIA	05665	SAN PEDRO DE URABÁ	CARIBE	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL URABA	CORPOURABA
ANTIOQUIA	05667	SAN RAFAEL	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL RIONEGRO NARE	CORNARE
ANTIOQUIA	05670	SAN ROQUE	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL RIONEGRO NARE	CORNARE
ANTIOQUIA	05674	SAN VICENTE FERRER	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL RIONEGRO NARE	CORNARE
ANTIOQUIA	05679	SANTA BÁRBARA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA	CORANTIOQUIA
ANTIOQUIA	05686	SANTA ROSA DE OSOS	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA	CORANTIOQUIA
ANTIOQUIA	05690	SANTO DOMINGO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL RIONEGRO NARE	CORNARE
ANTIOQUIA	05697	EL SANTUARIO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL RIONEGRO NARE	CORNARE
ANTIOQUIA	05736	SEGOVIA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA	CORANTIOQUIA
ANTIOQUIA	05756	SONSÓN	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL RIONEGRO NARE	CORNARE
ANTIOQUIA	05761	SOPETRÁN	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA	CORANTIOQUIA
ANTIOQUIA	05789	TÁMESIS	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA	CORANTIOQUIA
ANTIOQUIA	05790	TARAZÁ	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA	CORANTIOQUIA
ANTIOQUIA	05792	TARSO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA	CORANTIOQUIA
ANTIOQUIA	05809	TITIRIBÍ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA	CORANTIOQUIA
ANTIOQUIA	05819	TOLEDO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA	CORANTIOQUIA
ANTIOQUIA	05837	TURBO	CARIBE	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL URABA	CORPOURABA
ANTIOQUIA	05842	URAMITA	ANDINA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL URABA	CORPOURABA
ANTIOQUIA	05847	URRAO	ANDINA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL URABA	CORPOURABA
ANTIOQUIA	05854	VALDIVIA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA	CORANTIOQUIA
ANTIOQUIA	05856	VALPARAÍSO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA	CORANTIOQUIA
ANTIOQUIA	05858	VEGACHÍ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA	CORANTIOQUIA

Departamento	Codigo_Municipio	Municipio	RN	AutoridadAmbiental	AA
ANTIOQUIA	05861	VENECIA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA	CORANTIOQUIA
ANTIOQUIA	05873	VIGÍA DEL FUERTE	PACÍFICA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL URABA	CORPOURABA
ANTIOQUIA	05885	YALÍ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA	CORANTIOQUIA
ANTIOQUIA	05887	YARUMAL	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA	CORANTIOQUIA
ANTIOQUIA	05890	YOLOMBÓ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA	CORANTIOQUIA
ANTIOQUIA	05893	YONDÓ	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA	CORANTIOQUIA
ANTIOQUIA	05895	ZARAGOZA	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA	CORANTIOQUIA
ATLÁNTICO	08001	BARRANQUILLA	CARIBE	BARRANQUILLA VERDE	BARRANQUILLA VERDE
ATLÁNTICO	08078	BARANOA	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL ATLANTICO	CRA
ATLÁNTICO	08137	CAMPO DE LA CRUZ	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL ATLANTICO	CRA
ATLÁNTICO	08141	CANDELARIA	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL ATLANTICO	CRA
ATLÁNTICO	08296	GALAPA	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL ATLANTICO	CRA
ATLÁNTICO	08372	JUAN DE ACOSTA	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL ATLANTICO	CRA
ATLÁNTICO	08421	LURUACO	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL ATLANTICO	CRA
ATLÁNTICO	08433	MALAMBO	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL ATLANTICO	CRA
ATLÁNTICO	08436	MANATÍ	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL ATLANTICO	CRA
ATLÁNTICO	08520	PALMAR DE VARELA	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL ATLANTICO	CRA
ATLÁNTICO	08549	PIOJÓ	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL ATLANTICO	CRA
ATLÁNTICO	08558	POLONUEVO	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL ATLANTICO	CRA
ATLÁNTICO	08560	PONEDERA	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL ATLANTICO	CRA
ATLÁNTICO	08573	PUERTO COLOMBIA	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL ATLANTICO	CRA
ATLÁNTICO	08606	REPELÓN	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL ATLANTICO	CRA
ATLÁNTICO	08634	SABANAGRANDE	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL ATLANTICO	CRA
ATLÁNTICO	08638	SABANALARGA	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL ATLANTICO	CRA

Departamento	Codigo_Municipio	Municipio	RN	AutoridadAmbiental	AA
ATLÁNTICO	08675	SANTA LUCÍA	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL ATLANTICO	CRA
ATLÁNTICO	08685	SANTO TOMÁS	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL ATLANTICO	CRA
ATLÁNTICO	08758	SOLEDAD	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL ATLANTICO	CRA
ATLÁNTICO	08770	SUAN	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL ATLANTICO	CRA
ATLÁNTICO	08832	TUBARÁ	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL ATLANTICO	CRA
ATLÁNTICO	08849	USIACURÍ	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL ATLANTICO	CRA
BOGOTÁ, D.C.	11001	BOGOTÁ, D.C.	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
BOLÍVAR	13001	CARTAGENA DE INDIAS	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CANAL DEL DIQUE	CARDIQUE
BOLÍVAR	13006	ACHÍ	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL SUR DE BOLIVAR	CSB
BOLÍVAR	13030	ALTOS DEL ROSARIO	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL SUR DE BOLIVAR	CSB
BOLÍVAR	13042	ARENAL	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL SUR DE BOLIVAR	CSB
BOLÍVAR	13052	ARJONA	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CANAL DEL DIQUE	CARDIQUE
BOLÍVAR	13062	ARROYOHONDO	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CANAL DEL DIQUE	CARDIQUE
BOLÍVAR	13074	BARRANCO DE LOBA	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL SUR DE BOLIVAR	CSB
BOLÍVAR	13140	CALAMAR	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CANAL DEL DIQUE	CARDIQUE
BOLÍVAR	13160	CANTAGALLO	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL SUR DE BOLIVAR	CSB
BOLÍVAR	13188	CICUCO	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL SUR DE BOLIVAR	CSB
BOLÍVAR	13212	CÓRDOBA	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CANAL DEL DIQUE	CARDIQUE
BOLÍVAR	13222	CLEMENCIA	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CANAL DEL DIQUE	CARDIQUE
BOLÍVAR	13244	EL CARMEN DE BOLÍVAR	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CANAL DEL DIQUE	CARDIQUE
BOLÍVAR	13248	EL GUAMO	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CANAL DEL DIQUE	CARDIQUE
BOLÍVAR	13268	EL PEÑÓN	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL SUR DE BOLIVAR	CSB
BOLÍVAR	13300	HATILLO DE LOBA	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL SUR DE BOLIVAR	CSB
BOLÍVAR	13430	MAGANGUÉ	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL SUR DE BOLIVAR	CSB

Departamento	Codigo_Municipio	Municipio	RN	AutoridadAmbiental	AA
BOLÍVAR	13433	MAHATES	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CANAL DEL DIQUE	CARDIQUE
BOLÍVAR	13440	MARGARITA	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL SUR DE BOLIVAR	CSB
BOLÍVAR	13442	MARÍA LA BAJA	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CANAL DEL DIQUE	CARDIQUE
BOLÍVAR	13458	MONTECRISTO	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL SUR DE BOLIVAR	CSB
BOLÍVAR	13468	SANTA CRUZ DE MOMPOX	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL SUR DE BOLIVAR	CSB
BOLÍVAR	13473	MORALES	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL SUR DE BOLIVAR	CSB
BOLÍVAR	13490	NOROSÍ	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL SUR DE BOLIVAR	CSB
BOLÍVAR	13549	PINILLOS	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL SUR DE BOLIVAR	CSB
BOLÍVAR	13580	REGIDOR	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL SUR DE BOLIVAR	CSB
BOLÍVAR	13600	RÍO VIEJO	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL SUR DE BOLIVAR	CSB
BOLÍVAR	13620	SAN CRISTÓBAL	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CANAL DEL DIQUE	CARDIQUE
BOLÍVAR	13647	SAN ESTANISLAO	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CANAL DEL DIQUE	CARDIQUE
BOLÍVAR	13650	SAN FERNANDO	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL SUR DE BOLIVAR	CSB
BOLÍVAR	13654	SAN JACINTO	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CANAL DEL DIQUE	CARDIQUE
BOLÍVAR	13655	SAN JACINTO DEL CAUCA	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL SUR DE BOLIVAR	CSB
BOLÍVAR	13657	SAN JUAN NEPOMUCENO	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CANAL DEL DIQUE	CARDIQUE
BOLÍVAR	13667	SAN MARTÍN DE LOBA	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL SUR DE BOLIVAR	CSB
BOLÍVAR	13670	SAN PABLO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL SUR DE BOLIVAR	CSB
BOLÍVAR	13673	SANTA CATALINA	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CANAL DEL DIQUE	CARDIQUE
BOLÍVAR	13683	SANTA ROSA	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CANAL DEL DIQUE	CARDIQUE
BOLÍVAR	13688	SANTA ROSA DEL SUR	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL SUR DE BOLIVAR	CSB
BOLÍVAR	13744	SIMITÍ	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL SUR DE BOLIVAR	CSB
BOLÍVAR	13760	SOPLAVIENTO	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CANAL DEL DIQUE	CARDIQUE
BOLÍVAR	13780	TALAIGUA NUEVO	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL SUR DE BOLIVAR	CSB

Departamento	Codigo_Municipio	Municipio	RN	AutoridadAmbiental	AA
BOLÍVAR	13810	TIQUISIO	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL SUR DE BOLIVAR	CSB
BOLÍVAR	13836	TURBACO	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CANAL DEL DIQUE	CARDIQUE
BOLÍVAR	13838	TURBANA	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CANAL DEL DIQUE	CARDIQUE
BOLÍVAR	13873	VILLANUEVA	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CANAL DEL DIQUE	CARDIQUE
BOLÍVAR	13894	ZAMBRANO	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CANAL DEL DIQUE	CARDIQUE
BOYACÁ	15001	TUNJA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15022	ALMEIDA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CHIVOR	CORPOCHIVOR
BOYACÁ	15047	AQUITANIA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15051	ARCABUCO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15087	BELÉN	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15090	BERBEO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15092	BETÉITIVA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15097	BOAVITA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15104	BOYACÁ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CHIVOR	CORPOCHIVOR
BOYACÁ	15106	BRICEÑO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15109	BUENAVISTA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
BOYACÁ	15114	BUSBANZÁ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15131	CALDAS	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
BOYACÁ	15135	CAMPOHERMOSO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CHIVOR	CORPOCHIVOR
BOYACÁ	15162	CERINZA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15172	CHINAVITA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CHIVOR	CORPOCHIVOR
BOYACÁ	15176	CHIQUINQUIRÁ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
BOYACÁ	15180	CHISCAS	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15183	CHITA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA

Departamento	Codigo_Municipio	Municipio	RN	AutoridadAmbiental	AA
BOYACÁ	15185	CHITARAQUE	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15187	CHIVATÁ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15189	CIÉNEGA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CHIVOR	CORPOCHIVOR
BOYACÁ	15204	CÓMBITA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15212	COPER	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15215	CORRALES	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15218	COVARACHÍA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15223	CUBARÁ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA ORINOQUIA	CORPORINOQUIA
BOYACÁ	15224	CUCAITA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15226	CUÍTIVA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15232	CHÍQUIZA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15236	CHIVOR	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CHIVOR	CORPOCHIVOR
BOYACÁ	15238	DUITAMA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15244	EL COCUY	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15248	EL ESPINO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15272	FIRAVITOBA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15276	FLORESTA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15293	GACHANTIVÁ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15296	GÁMEZA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15299	GARAGOA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CHIVOR	CORPOCHIVOR
BOYACÁ	15317	GUACAMAYAS	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15322	GUATEQUE	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CHIVOR	CORPOCHIVOR
BOYACÁ	15325	GUAYATÁ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CHIVOR	CORPOCHIVOR
BOYACÁ	15332	GÜICÁN DE LA SIERRA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA

Departamento	Codigo_Municipio	Municipio	RN	AutoridadAmbiental	AA
BOYACÁ	15362	IZA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15367	JENESANO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CHIVOR	CORPOCHIVOR
BOYACÁ	15368	JERICÓ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15377	LABRANZAGRANDE	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA ORINOQUIA	CORPORINOQUIA
BOYACÁ	15380	LA CAPILLA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CHIVOR	CORPOCHIVOR
BOYACÁ	15401	LA VICTORIA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15403	LA UVITA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15407	VILLA DE LEYVA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15425	MACANAL	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CHIVOR	CORPOCHIVOR
BOYACÁ	15442	MARIPÍ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15455	MIRAFLORES	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15464	MONGUA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15466	MONGUÍ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15469	MONIQUIRÁ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15476	MOTAVITA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15480	MUZO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15491	NOBSA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15494	NUEVO COLÓN	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CHIVOR	CORPOCHIVOR
BOYACÁ	15500	OICATÁ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15507	OTANCHE	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15511	PACHAVITA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CHIVOR	CORPOCHIVOR
BOYACÁ	15514	PÁEZ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15516	PAIPA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15518	PAJARITO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA ORINOQUIA	CORPORINOQUIA

Departamento	Codigo_Municipio	Municipio	RN	AutoridadAmbiental	AA
BOYACÁ	15522	PANQUEBA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15531	PAUNA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15533	PAYA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA ORINOQUIA	CORPORINOQUIA
BOYACÁ	15537	PAZ DE RÍO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15542	PESCA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15550	PISBA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA ORINOQUIA	CORPORINOQUIA
BOYACÁ	15572	PUERTO BOYACÁ	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15580	QUÍPAMA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15599	RAMIRIQUÍ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CHIVOR	CORPOCHIVOR
BOYACÁ	15600	RÁQUIRA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
BOYACÁ	15621	RONDÓN	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15632	SABOYÁ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
BOYACÁ	15638	SÁCHICA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15646	SAMACÁ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15660	SAN EDUARDO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15664	SAN JOSÉ DE PARE	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15667	SAN LUIS DE GACENO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CHIVOR	CORPOCHIVOR
BOYACÁ	15673	SAN MATEO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15676	SAN MIGUEL DE SEMA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
BOYACÁ	15681	SAN PABLO DE BORBUR	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15686	SANTANA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15690	SANTA MARÍA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CHIVOR	CORPOCHIVOR
BOYACÁ	15693	SANTA ROSA DE VITERBO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15696	SANTA SOFÍA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA

Departamento	Codigo_Municipio	Municipio	RN	AutoridadAmbiental	AA
BOYACÁ	15720	SATIVANORTE	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15723	SATIVASUR	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15740	SIACHOQUE	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15753	SOATÁ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15755	SOCOTÁ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15757	SOCHA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15759	SOGAMOSO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15761	SOMONDOCO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CHIVOR	CORPOCHIVOR
BOYACÁ	15762	SORA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15763	SOTAQUIRÁ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15764	SORACÁ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15774	SUSACÓN	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15776	SUTAMARCHÁN	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15778	SUTATENZA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CHIVOR	CORPOCHIVOR
BOYACÁ	15790	TASCO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15798	TENZA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CHIVOR	CORPOCHIVOR
BOYACÁ	15804	TIBANÁ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CHIVOR	CORPOCHIVOR
BOYACÁ	15806	TIBASOSA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15808	TINJACÁ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15810	TIPACOQUE	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15814	TOCA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15816	TOGÜÍ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15820	TÓPAGA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15822	TOTA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA

Departamento	Codigo_Municipio	Municipio	RN	AutoridadAmbiental	AA
BOYACÁ	15832	TUNUNGUÁ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15835	TURMEQUÉ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CHIVOR	CORPOCHIVOR
BOYACÁ	15837	TUTA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15839	TUTAZÁ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
BOYACÁ	15842	ÚMBITA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CHIVOR	CORPOCHIVOR
BOYACÁ	15861	VENTAQUEMADA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CHIVOR	CORPOCHIVOR
BOYACÁ	15879	VIRACACHÁ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CHIVOR	CORPOCHIVOR
BOYACÁ	15897	ZETAQUIRA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE BOYACA	CORPOBOYACA
CALDAS	17001	MANIZALES	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CALDAS	CORPOCALDAS
CALDAS	17013	AGUADAS	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CALDAS	CORPOCALDAS
CALDAS	17042	ANSERMA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CALDAS	CORPOCALDAS
CALDAS	17050	ARANZAZU	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CALDAS	CORPOCALDAS
CALDAS	17088	BELALCÁZAR	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CALDAS	CORPOCALDAS
CALDAS	17174	CHINCHINÁ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CALDAS	CORPOCALDAS
CALDAS	17272	FILADELFIA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CALDAS	CORPOCALDAS
CALDAS	17380	LA DORADA	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CALDAS	CORPOCALDAS
CALDAS	17388	LA MERCED	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CALDAS	CORPOCALDAS
CALDAS	17433	MANZANARES	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CALDAS	CORPOCALDAS
CALDAS	17442	MARMATO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CALDAS	CORPOCALDAS
CALDAS	17444	MARQUETALIA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CALDAS	CORPOCALDAS
CALDAS	17446	MARULANDA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CALDAS	CORPOCALDAS
CALDAS	17486	NEIRA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CALDAS	CORPOCALDAS
CALDAS	17495	NORCASIA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CALDAS	CORPOCALDAS
CALDAS	17513	PÁCORA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CALDAS	CORPOCALDAS

Departamento	Codigo_Municipio	Municipio	RN	AutoridadAmbiental	AA
CALDAS	17524	PALESTINA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CALDAS	CORPOCALDAS
CALDAS	17541	PENSILVANIA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CALDAS	CORPOCALDAS
CALDAS	17614	RIOSUCIO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CALDAS	CORPOCALDAS
CALDAS	17616	RISARALDA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CALDAS	CORPOCALDAS
CALDAS	17653	SALAMINA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CALDAS	CORPOCALDAS
CALDAS	17662	SAMANÁ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CALDAS	CORPOCALDAS
CALDAS	17665	SAN JOSÉ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CALDAS	CORPOCALDAS
CALDAS	17777	SUPÍA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CALDAS	CORPOCALDAS
CALDAS	17867	VICTORIA	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CALDAS	CORPOCALDAS
CALDAS	17873	VILLAMARÍA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CALDAS	CORPOCALDAS
CALDAS	17877	VITERBO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CALDAS	CORPOCALDAS
CAQUETÁ	18001	FLORENCIA	ANDINA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL SUR DE LA AMAZONIA	CORPOAMAZONIA
CAQUETÁ	18029	ALBANIA	AMAZONÍA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL SUR DE LA AMAZONIA	CORPOAMAZONIA
CAQUETÁ	18094	BELÉN DE LOS ANDAQUÍES	ANDINA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL SUR DE LA AMAZONIA	CORPOAMAZONIA
CAQUETÁ	18150	CARTAGENA DEL CHAIRÁ	AMAZONÍA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL SUR DE LA AMAZONIA	CORPOAMAZONIA
CAQUETÁ	18205	CURILLO	AMAZONÍA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL SUR DE LA AMAZONIA	CORPOAMAZONIA
CAQUETÁ	18247	EL DONCELLO	AMAZONÍA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL SUR DE LA AMAZONIA	CORPOAMAZONIA
CAQUETÁ	18256	EL PAUJÍL	AMAZONÍA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL SUR DE LA AMAZONIA	CORPOAMAZONIA
CAQUETÁ	18410	LA MONTAÑITA	AMAZONÍA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL SUR DE LA AMAZONIA	CORPOAMAZONIA
CAQUETÁ	18460	MILÁN	AMAZONÍA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL SUR DE LA AMAZONIA	CORPOAMAZONIA
CAQUETÁ	18479	MORELIA	AMAZONÍA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL SUR DE LA AMAZONIA	CORPOAMAZONIA
CAQUETÁ	18592	PUERTO RICO	ANDINA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL SUR DE LA AMAZONIA	CORPOAMAZONIA
CAQUETÁ	18610	SAN JOSÉ DEL FRAGUA	ANDINA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL SUR DE LA AMAZONIA	CORPOAMAZONIA
CAQUETÁ	18753	SAN VICENTE DEL CAGUÁN	AMAZONÍA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL SUR DE LA AMAZONIA	CORPOAMAZONIA

Departamento	Codigo_Municipio	Municipio	RN	AutoridadAmbiental	AA
CAQUETÁ	18756	SOLANO	AMAZONÍA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL SUR DE LA AMAZONIA	CORPOAMAZONIA
CAQUETÁ	18785	SOLITA	AMAZONÍA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL SUR DE LA AMAZONIA	CORPOAMAZONIA
CAQUETÁ	18860	VALPARAÍSO	AMAZONÍA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL SUR DE LA AMAZONIA	CORPOAMAZONIA
CAUCA	19001	POPAYÁN	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA	CRC
CAUCA	19022	ALMAGUER	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA	CRC
CAUCA	19050	ARGELIA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA	CRC
CAUCA	19075	BALBOA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA	CRC
CAUCA	19100	BOLÍVAR	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA	CRC
CAUCA	19110	BUENOS AIRES	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA	CRC
CAUCA	19130	CAJIBÍO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA	CRC
CAUCA	19137	CALDONO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA	CRC
CAUCA	19142	CALOTO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA	CRC
CAUCA	19212	CORINTO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA	CRC
CAUCA	19256	EL TAMBO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA	CRC
CAUCA	19290	FLORENCIA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA	CRC
CAUCA	19300	GUACHENÉ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA	CRC
CAUCA	19318	GUAPI	PACÍFICA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA	CRC
CAUCA	19355	INZÁ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA	CRC
CAUCA	19364	JAMBALÓ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA	CRC
CAUCA	19392	LA SIERRA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA	CRC
CAUCA	19397	LA VEGA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA	CRC
CAUCA	19418	LÓPEZ DE MICAY	PACÍFICA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA	CRC
CAUCA	19450	MERCADERES	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA	CRC
CAUCA	19455	MIRANDA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA	CRC

Departamento	Codigo_Municipio	Municipio	RN	AutoridadAmbiental	AA
CAUCA	19473	MORALES	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA	CRC
CAUCA	19513	PADILLA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA	CRC
CAUCA	19517	PÁEZ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA	CRC
CAUCA	19532	PATÍA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA	CRC
CAUCA	19533	PIAMONTE	AMAZONÍA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA	CRC
CAUCA	19548	PIENDAMÓ - TUNÍA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA	CRC
CAUCA	19573	PUERTO TEJADA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA	CRC
CAUCA	19585	PURACÉ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA	CRC
CAUCA	19622	ROSAS	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA	CRC
CAUCA	19693	SAN SEBASTIÁN	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA	CRC
CAUCA	19698	SANTANDER DE QUILICHAO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA	CRC
CAUCA	19701	SANTA ROSA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA	CRC
CAUCA	19743	SILVIA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA	CRC
CAUCA	19760	SOTARÁ PAISPAMBA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA	CRC
CAUCA	19780	SUÁREZ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA	CRC
CAUCA	19785	SUCRE	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA	CRC
CAUCA	19807	TIMBÍO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA	CRC
CAUCA	19809	TIMBIQUÍ	PACÍFICA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA	CRC
CAUCA	19821	TORIBÍO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA	CRC
CAUCA	19824	TOTORÓ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA	CRC
CAUCA	19845	VILLA RICA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA	CRC
CESAR	20001	VALLEDUPAR	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CESAR	CORPOCESAR
CESAR	20011	AGUACHICA	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CESAR	CORPOCESAR
CESAR	20013	AGUSTÍN CODAZZI	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CESAR	CORPOCESAR

Departamento	Codigo_Municipio	Municipio	RN	AutoridadAmbiental	AA
CESAR	20032	ASTREA	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CESAR	CORPOCESAR
CESAR	20045	BECERRIL	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CESAR	CORPOCESAR
CESAR	20060	BOSCONIA	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CESAR	CORPOCESAR
CESAR	20175	CHIMICHAGUA	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CESAR	CORPOCESAR
CESAR	20178	CHIRIGUANÁ	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CESAR	CORPOCESAR
CESAR	20228	CURUMANÍ	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CESAR	CORPOCESAR
CESAR	20238	EL COPEY	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CESAR	CORPOCESAR
CESAR	20250	EL PASO	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CESAR	CORPOCESAR
CESAR	20295	GAMARRA	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CESAR	CORPOCESAR
CESAR	20310	GONZÁLEZ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CESAR	CORPOCESAR
CESAR	20383	LA GLORIA	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CESAR	CORPOCESAR
CESAR	20400	LA JAGUA DE IBIRICO	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CESAR	CORPOCESAR
CESAR	20443	MANAURE BALCÓN DEL CESAR	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CESAR	CORPOCESAR
CESAR	20517	PAILITAS	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CESAR	CORPOCESAR
CESAR	20550	PELAYA	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CESAR	CORPOCESAR
CESAR	20570	PUEBLO BELLO	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CESAR	CORPOCESAR
CESAR	20614	RÍO DE ORO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CESAR	CORPOCESAR
CESAR	20621	LA PAZ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CESAR	CORPOCESAR
CESAR	20710	SAN ALBERTO	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CESAR	CORPOCESAR
CESAR	20750	SAN DIEGO	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CESAR	CORPOCESAR
CESAR	20770	SAN MARTÍN	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CESAR	CORPOCESAR
CESAR	20787	TAMALAMEQUE	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CESAR	CORPOCESAR
CÓRDOBA	23001	MONTERÍA	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LOS VALLES DEL SINU Y SAN JORGE	CVS
CÓRDOBA	23068	AYAPEL	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LOS VALLES DEL SINU Y SAN JORGE	CVS
CÓRDOBA	23079	BUENAVISTA	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LOS VALLES DEL SINU Y SAN JORGE	CVS

Departamento	Codigo_Municipio	Municipio	RN	AutoridadAmbiental	AA
CÓRDOBA	23090	CANALETE	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LOS VALLES DEL SINU Y SAN JORGE	CVS
CÓRDOBA	23162	CERETÉ	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LOS VALLES DEL SINU Y SAN JORGE	CVS
CÓRDOBA	23168	CHIMÁ	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LOS VALLES DEL SINU Y SAN JORGE	CVS
CÓRDOBA	23182	CHINÚ	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LOS VALLES DEL SINU Y SAN JORGE	CVS
CÓRDOBA	23189	CIÉNAGA DE ORO	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LOS VALLES DEL SINU Y SAN JORGE	CVS
CÓRDOBA	23300	COTORRA	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LOS VALLES DEL SINU Y SAN JORGE	CVS
CÓRDOBA	23350	LA APARTADA	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LOS VALLES DEL SINU Y SAN JORGE	CVS
CÓRDOBA	23417	LORICA	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LOS VALLES DEL SINU Y SAN JORGE	CVS
CÓRDOBA	23419	LOS CÓRDOBAS	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LOS VALLES DEL SINU Y SAN JORGE	CVS
CÓRDOBA	23464	MOMIL	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LOS VALLES DEL SINU Y SAN JORGE	CVS
CÓRDOBA	23466	MONTELÍBANO	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LOS VALLES DEL SINU Y SAN JORGE	CVS
CÓRDOBA	23500	MOÑITOS	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LOS VALLES DEL SINU Y SAN JORGE	CVS
CÓRDOBA	23555	PLANETA RICA	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LOS VALLES DEL SINU Y SAN JORGE	CVS
CÓRDOBA	23570	PUEBLO NUEVO	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LOS VALLES DEL SINU Y SAN JORGE	CVS
CÓRDOBA	23574	PUERTO ESCONDIDO	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LOS VALLES DEL SINU Y SAN JORGE	CVS
CÓRDOBA	23580	PUERTO LIBERTADOR	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LOS VALLES DEL SINU Y SAN JORGE	CVS
CÓRDOBA	23586	PURÍSIMA DE LA CONCEPCIÓN	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LOS VALLES DEL SINU Y SAN JORGE	CVS
CÓRDOBA	23660	SAHAGÚN	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LOS VALLES DEL SINU Y SAN JORGE	CVS
CÓRDOBA	23670	SAN ANDRÉS DE SOTAVENTO	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LOS VALLES DEL SINU Y SAN JORGE	CVS
CÓRDOBA	23672	SAN ANTERO	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LOS VALLES DEL SINU Y SAN JORGE	CVS
CÓRDOBA	23675	SAN BERNARDO DEL VIENTO	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LOS VALLES DEL SINU Y SAN JORGE	CVS
CÓRDOBA	23678	SAN CARLOS	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LOS VALLES DEL SINU Y SAN JORGE	CVS
CÓRDOBA	23682	SAN JOSÉ DE URÉ	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LOS VALLES DEL SINU Y SAN JORGE	CVS
CÓRDOBA	23686	SAN PELAYO	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LOS VALLES DEL SINU Y SAN JORGE	CVS

Departamento	Codigo_Municipio	Municipio	RN	AutoridadAmbiental	AA
CÓRDOBA	23807	TIERRALTA	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LOS VALLES DEL SINU Y SAN JORGE	CVS
CÓRDOBA	23815	TUCHÍN	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LOS VALLES DEL SINU Y SAN JORGE	CVS
CÓRDOBA	23855	VALENCIA	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LOS VALLES DEL SINU Y SAN JORGE	CVS
CUNDINAMARCA	25001	AGUA DE DIOS	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25019	ALBÁN	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25035	ANAPOIMA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25040	ANOLAIMA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25053	ARBELÁEZ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25086	BELTRÁN	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25095	BITUIMA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25099	BOJACÁ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25120	CABRERA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25123	CACHIPAY	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25126	CAJICÁ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25148	CAPARRAPÍ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25151	CÁQUEZA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA ORINOQUIA	CORPORINOQUIA
CUNDINAMARCA	25154	CARMEN DE CARUPA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25168	CHAGUANÍ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25175	CHÍA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25178	CHIPAQUE	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA ORINOQUIA	CORPORINOQUIA
CUNDINAMARCA	25181	CHOACHÍ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA ORINOQUIA	CORPORINOQUIA
CUNDINAMARCA	25183	CHOCONTÁ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25200	COGUA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25214	COTA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR

Departamento	Codigo_Municipio	Municipio	RN	AutoridadAmbiental	AA
CUNDINAMARCA	25224	CUCUNUBÁ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25245	EL COLEGIO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25258	EL PEÑÓN	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25260	EL ROSAL	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25269	FACATATIVÁ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25279	FÓMEQUE	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL GUAVIO	CORPOGUAVIO
CUNDINAMARCA	25281	FOSCA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA ORINOQUIA	CORPORINOQUIA
CUNDINAMARCA	25286	FUNZA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25288	FÚQUENE	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25290	FUSAGASUGÁ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25293	GACHALÁ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL GUAVIO	CORPOGUAVIO
CUNDINAMARCA	25295	GACHANCIPÁ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25297	GACHETÁ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL GUAVIO	CORPOGUAVIO
CUNDINAMARCA	25299	GAMA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL GUAVIO	CORPOGUAVIO
CUNDINAMARCA	25307	GIRARDOT	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25312	GRANADA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25317	GUACHETÁ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25320	GUADUAS	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25322	GUASCA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL GUAVIO	CORPOGUAVIO
CUNDINAMARCA	25324	GUATAQUÍ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25326	GUATAVITA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25328	GUAYABAL DE SÍQUIMA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25335	GUAYABETAL	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA ORINOQUIA	CORPORINOQUIA
CUNDINAMARCA	25339	GUTIÉRREZ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA ORINOQUIA	CORPORINOQUIA

Departamento	Codigo_Municipio	Municipio	RN	AutoridadAmbiental	AA
CUNDINAMARCA	25368	JERUSALÉN	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25372	JUNÍN	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL GUAVIO	CORPOGUAVIO
CUNDINAMARCA	25377	LA CALERA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25386	LA MESA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25394	LA PALMA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25398	LA PEÑA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25402	LA VEGA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25407	LENGUAZAQUE	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25426	MACHETÁ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25430	MADRID	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25436	MANTA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25438	MEDINA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL GUAVIO	CORPOGUAVIO
CUNDINAMARCA	25473	MOSQUERA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25483	NARIÑO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25486	NEMOCÓN	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25488	NILO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25489	NIMAIMA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25491	NOCAIMA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25506	VENECIA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25513	PACHO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25518	PAIME	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25524	PANDI	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25530	PARATEBUENO	ORINOQUÍA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA ORINOQUIA	CORPORINOQUIA
CUNDINAMARCA	25535	PASCA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR

Departamento	Codigo_Municipio	Municipio	RN	AutoridadAmbiental	AA
CUNDINAMARCA	25572	PUERTO SALGAR	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25580	PULÍ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25592	QUEBRADANEGRA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25594	QUETAME	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA ORINOQUIA	CORPORINOQUIA
CUNDINAMARCA	25596	QUIPILE	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25599	APULO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25612	RICAURTE	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25645	SAN ANTONIO DEL TEQUENDAMA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25649	SAN BERNARDO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25653	SAN CAYETANO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25658	SAN FRANCISCO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25662	SAN JUAN DE RIOSECO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25718	SASAIMA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25736	SESQUILÉ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25740	SIBATÉ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25743	SILVANIA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25745	SIMIJACA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25754	SOACHA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25758	SOPÓ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25769	SUBACHOQUE	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25772	SUESCA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25777	SUPATÁ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25779	SUSA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR

Departamento	Codigo_Municipio	Municipio	RN	AutoridadAmbiental	AA
CUNDINAMARCA	25781	SUTATAUSA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25785	TABIO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25793	TAUSA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25797	TENA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25799	TENJO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25805	TIBACUY	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25807	TIBIRITA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25815	TOCAIMA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25817	TOCANCIPÁ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25823	TOPAIPÍ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25839	UBALÁ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL GUAVIO	CORPOGUAVIO
CUNDINAMARCA	25841	UBAQUE	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA ORINOQUIA	CORPORINOQUIA
CUNDINAMARCA	25843	VILLA DE SAN DIEGO DE UBATÉ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25845	UNE	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA ORINOQUIA	CORPORINOQUIA
CUNDINAMARCA	25851	ÚTICA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25862	VERGARA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25867	VIANÍ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25871	VILLAGÓMEZ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25873	VILLAPINZÓN	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25875	VILLETA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25878	VIOTÁ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25885	YACOPÍ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25898	ZIPACÓN	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR
CUNDINAMARCA	25899	ZIPAQUIRÁ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	CAR

Departamento	Codigo_Municipio	Municipio	RN	AutoridadAmbiental	AA
CHOCÓ	27001	QUIBDÓ	PACÍFICA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL CHOCO	CODECHOCO
CHOCÓ	27006	ACANDÍ	PACÍFICA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL CHOCO	CODECHOCO
CHOCÓ	27025	ALTO BAUDÓ	PACÍFICA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL CHOCO	CODECHOCO
CHOCÓ	27050	ATRATO	PACÍFICA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL CHOCO	CODECHOCO
CHOCÓ	27073	BAGADÓ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL CHOCO	CODECHOCO
CHOCÓ	27075	BAHÍA SOLANO	PACÍFICA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL CHOCO	CODECHOCO
CHOCÓ	27077	BAJO BAUDÓ	PACÍFICA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL CHOCO	CODECHOCO
CHOCÓ	27099	BOJAYÁ	PACÍFICA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL CHOCO	CODECHOCO
CHOCÓ	27135	EL CANTÓN DEL SAN PABLO	PACÍFICA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL CHOCO	CODECHOCO
CHOCÓ	27150	CARMEN DEL DARIÉN	PACÍFICA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL CHOCO	CODECHOCO
CHOCÓ	27160	CÉRTEGUI	PACÍFICA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL CHOCO	CODECHOCO
CHOCÓ	27205	CONDOTO	PACÍFICA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL CHOCO	CODECHOCO
CHOCÓ	27245	EL CARMEN DE ATRATO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL CHOCO	CODECHOCO
CHOCÓ	27250	EL LITORAL DEL SAN JUAN	PACÍFICA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL CHOCO	CODECHOCO
CHOCÓ	27361	ISTMINA	PACÍFICA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL CHOCO	CODECHOCO
CHOCÓ	27372	JURADÓ	PACÍFICA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL CHOCO	CODECHOCO
CHOCÓ	27413	LLORÓ	PACÍFICA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL CHOCO	CODECHOCO
CHOCÓ	27425	MEDIO ATRATO	PACÍFICA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL CHOCO	CODECHOCO
CHOCÓ	27430	MEDIO BAUDÓ	PACÍFICA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL CHOCO	CODECHOCO
CHOCÓ	27450	MEDIO SAN JUAN	PACÍFICA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL CHOCO	CODECHOCO
CHOCÓ	27491	NÓVITA	PACÍFICA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL CHOCO	CODECHOCO
CHOCÓ	27493	NUEVO BELÉN DE BAJIRÁ	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL CHOCO	CODECHOCO
CHOCÓ	27495	NUQUÍ	PACÍFICA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL CHOCO	CODECHOCO
CHOCÓ	27580	RÍO IRÓ	PACÍFICA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL CHOCO	CODECHOCO

Departamento	Codigo_Municipio	Municipio	RN	AutoridadAmbiental	AA
CHOCÓ	27600	RÍO QUITO	PACÍFICA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL CHOCO	CODECHOCO
CHOCÓ	27615	RIOSUCIO	PACÍFICA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL CHOCO	CODECHOCO
CHOCÓ	27660	SAN JOSÉ DEL PALMAR	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL CHOCO	CODECHOCO
CHOCÓ	27745	SIPÍ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL CHOCO	CODECHOCO
CHOCÓ	27787	TADÓ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL CHOCO	CODECHOCO
CHOCÓ	27800	UNGUÍA	PACÍFICA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL CHOCO	CODECHOCO
CHOCÓ	27810	UNIÓN PANAMERICANA	PACÍFICA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL CHOCO	CODECHOCO
HUILA	41001	NEIVA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA	CAM
HUILA	41006	ACEVEDO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA	CAM
HUILA	41013	AGRADO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA	CAM
HUILA	41016	AIPE	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA	CAM
HUILA	41020	ALGECIRAS	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA	CAM
HUILA	41026	ALTAMIRA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA	CAM
HUILA	41078	BARAYA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA	CAM
HUILA	41132	CAMPOALEGRE	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA	CAM
HUILA	41206	COLOMBIA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA	CAM
HUILA	41244	ELÍAS	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA	CAM
HUILA	41298	GARZÓN	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA	CAM
HUILA	41306	GIGANTE	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA	CAM
HUILA	41319	GUADALUPE	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA	CAM
HUILA	41349	HOBO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA	CAM
HUILA	41357	ÍQUIRA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA	CAM
HUILA	41359	ISNOS	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA	CAM
HUILA	41378	LA ARGENTINA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA	CAM

Departamento	Codigo_Municipio	Municipio	RN	AutoridadAmbiental	AA
HUILA	41396	LA PLATA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA	CAM
HUILA	41483	NÁTAGA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA	CAM
HUILA	41503	OPORAPA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA	CAM
HUILA	41518	PAICOL	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA	CAM
HUILA	41524	PALERMO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA	CAM
HUILA	41530	PALESTINA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA	CAM
HUILA	41548	PITAL	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA	CAM
HUILA	41551	PITALITO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA	CAM
HUILA	41615	RIVERA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA	CAM
HUILA	41660	SALADOBLANCO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA	CAM
HUILA	41668	SAN AGUSTÍN	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA	CAM
HUILA	41676	SANTA MARÍA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA	CAM
HUILA	41770	SUAZA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA	CAM
HUILA	41791	TARQUI	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA	CAM
HUILA	41797	TESALIA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA	CAM
HUILA	41799	TELLO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA	CAM
HUILA	41801	TERUEL	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA	CAM
HUILA	41807	TIMANÁ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA	CAM
HUILA	41872	VILLAVIEJA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA	CAM
HUILA	41885	YAGUARÁ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL ALTO MAGDALENA	CAM
LA GUAJIRA	44001	RIOHACHA	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA GUAJIRA	CORPOGUAJIRA
LA GUAJIRA	44035	ALBANIA	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA GUAJIRA	CORPOGUAJIRA
LA GUAJIRA	44078	BARRANCAS	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA GUAJIRA	CORPOGUAJIRA
LA GUAJIRA	44090	DIBULLA	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA GUAJIRA	CORPOGUAJIRA

Departamento	Codigo_Municipio	Municipio	RN	AutoridadAmbiental	AA
LA GUAJIRA	44098	DISTRACCIÓN	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA GUAJIRA	CORPOGUAJIRA
LA GUAJIRA	44110	EL MOLINO	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA GUAJIRA	CORPOGUAJIRA
LA GUAJIRA	44279	FONSECA	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA GUAJIRA	CORPOGUAJIRA
LA GUAJIRA	44378	HATONUEVO	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA GUAJIRA	CORPOGUAJIRA
LA GUAJIRA	44420	LA JAGUA DEL PILAR	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA GUAJIRA	CORPOGUAJIRA
LA GUAJIRA	44430	MAICAO	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA GUAJIRA	CORPOGUAJIRA
LA GUAJIRA	44560	MANAURE	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA GUAJIRA	CORPOGUAJIRA
LA GUAJIRA	44650	SAN JUAN DEL CESAR	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA GUAJIRA	CORPOGUAJIRA
LA GUAJIRA	44847	URIBIA	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA GUAJIRA	CORPOGUAJIRA
LA GUAJIRA	44855	URUMITA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA GUAJIRA	CORPOGUAJIRA
LA GUAJIRA	44874	VILLANUEVA	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA GUAJIRA	CORPOGUAJIRA
MAGDALENA	47001	SANTA MARTA	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL MAGDALENA	CORPAMAG
MAGDALENA	47030	ALGARROBO	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL MAGDALENA	CORPAMAG
MAGDALENA	47053	ARACATACA	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL MAGDALENA	CORPAMAG
MAGDALENA	47058	ARIGUANÍ	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL MAGDALENA	CORPAMAG
MAGDALENA	47161	CERRO DE SAN ANTONIO	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL MAGDALENA	CORPAMAG
MAGDALENA	47170	CHIVOLO	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL MAGDALENA	CORPAMAG
MAGDALENA	47189	CIÉNAGA	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL MAGDALENA	CORPAMAG
MAGDALENA	47205	CONCORDIA	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL MAGDALENA	CORPAMAG
MAGDALENA	47245	EL BANCO	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL MAGDALENA	CORPAMAG
MAGDALENA	47258	EL PIÑÓN	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL MAGDALENA	CORPAMAG
MAGDALENA	47268	EL RETÉN	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL MAGDALENA	CORPAMAG
MAGDALENA	47288	FUNDACIÓN	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL MAGDALENA	CORPAMAG
MAGDALENA	47318	GUAMAL	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL MAGDALENA	CORPAMAG

Departamento	Codigo_Municipio	Municipio	RN	AutoridadAmbiental	AA
MAGDALENA	47460	NUEVA GRANADA	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL MAGDALENA	CORPAMAG
MAGDALENA	47541	PEDRAZA	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL MAGDALENA	CORPAMAG
MAGDALENA	47545	PIJIÑO DEL CARMEN	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL MAGDALENA	CORPAMAG
MAGDALENA	47551	PIVIJAY	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL MAGDALENA	CORPAMAG
MAGDALENA	47555	PLATO	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL MAGDALENA	CORPAMAG
MAGDALENA	47570	PUEBLOVIEJO	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL MAGDALENA	CORPAMAG
MAGDALENA	47605	REMOLINO	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL MAGDALENA	CORPAMAG
MAGDALENA	47660	SABANAS DE SAN ÁNGEL	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL MAGDALENA	CORPAMAG
MAGDALENA	47675	SALAMINA	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL MAGDALENA	CORPAMAG
MAGDALENA	47692	SAN SEBASTIÁN DE BUENAVISTA	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL MAGDALENA	CORPAMAG
MAGDALENA	47703	SAN ZENÓN	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL MAGDALENA	CORPAMAG
MAGDALENA	47707	SANTA ANA	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL MAGDALENA	CORPAMAG
MAGDALENA	47720	SANTA BÁRBARA DE PINTO	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL MAGDALENA	CORPAMAG
MAGDALENA	47745	SITIONUEVO	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL MAGDALENA	CORPAMAG
MAGDALENA	47798	TENERIFE	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL MAGDALENA	CORPAMAG
MAGDALENA	47960	ZAPAYÁN	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL MAGDALENA	CORPAMAG
MAGDALENA	47980	ZONA BANANERA	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL MAGDALENA	CORPAMAG
META	50001	VILLAVICENCIO	ORINOQUÍA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL AREA DE MANEJO ESPECIAL LA MACARENA	CORMACARENA
META	50006	ACACÍAS	ANDINA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL AREA DE MANEJO ESPECIAL LA MACARENA	CORMACARENA
META	50110	BARRANCA DE UPÍA	ORINOQUÍA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL AREA DE MANEJO ESPECIAL LA MACARENA	CORMACARENA
META	50124	CABUYARO	ORINOQUÍA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL AREA DE MANEJO ESPECIAL LA MACARENA	CORMACARENA
META	50150	CASTILLA LA NUEVA	ORINOQUÍA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL AREA DE MANEJO ESPECIAL LA MACARENA	CORMACARENA

Departamento	Codigo_Municipio	Municipio	RN	AutoridadAmbiental	AA
META	50223	CUBARRAL	ANDINA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL AREA DE MANEJO ESPECIAL LA MACARENA	CORMACARENA
META	50226	CUMARAL	ORINOQUÍA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL AREA DE MANEJO ESPECIAL LA MACARENA	CORMACARENA
META	50245	EL CALVARIO	ANDINA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL AREA DE MANEJO ESPECIAL LA MACARENA	CORMACARENA
META	50251	EL CASTILLO	ANDINA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL AREA DE MANEJO ESPECIAL LA MACARENA	CORMACARENA
META	50270	EL DORADO	ANDINA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL AREA DE MANEJO ESPECIAL LA MACARENA	CORMACARENA
META	50287	FUENTE DE ORO	ORINOQUÍA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL AREA DE MANEJO ESPECIAL LA MACARENA	CORMACARENA
META	50313	GRANADA	AMAZONÍA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL AREA DE MANEJO ESPECIAL LA MACARENA	CORMACARENA
META	50318	GUAMAL	ANDINA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL AREA DE MANEJO ESPECIAL LA MACARENA	CORMACARENA
META	50325	MAPIRIPÁN	ORINOQUÍA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL AREA DE MANEJO ESPECIAL LA MACARENA	CORMACARENA
META	50330	MESETAS	ANDINA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL AREA DE MANEJO ESPECIAL LA MACARENA	CORMACARENA
META	50350	LA MACARENA	AMAZONÍA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL AREA DE MANEJO ESPECIAL LA MACARENA	CORMACARENA
META	50370	URIBE	ANDINA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL AREA DE MANEJO ESPECIAL LA MACARENA	CORMACARENA
META	50400	LEJANÍAS	ANDINA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL AREA DE MANEJO ESPECIAL LA MACARENA	CORMACARENA
META	50450	PUERTO CONCORDIA	ORINOQUÍA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL AREA DE MANEJO ESPECIAL LA MACARENA	CORMACARENA
META	50568	PUERTO GAITÁN	ORINOQUÍA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL AREA DE MANEJO ESPECIAL LA MACARENA	CORMACARENA
META	50573	PUERTO LÓPEZ	ORINOQUÍA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL AREA DE MANEJO ESPECIAL LA MACARENA	CORMACARENA

Departamento	Codigo_Municipio	Municipio	RN	AutoridadAmbiental	AA
META	50577	PUERTO LLERAS	ORINOQUÍA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL AREA DE MANEJO ESPECIAL LA MACARENA	CORMACARENA
META	50590	PUERTO RICO	AMAZONÍA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL AREA DE MANEJO ESPECIAL LA MACARENA	CORMACARENA
META	50606	RESTREPO	ORINOQUÍA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL AREA DE MANEJO ESPECIAL LA MACARENA	CORMACARENA
META	50680	SAN CARLOS DE GUAROA	ORINOQUÍA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL AREA DE MANEJO ESPECIAL LA MACARENA	CORMACARENA
META	50683	SAN JUAN DE ARAMA	AMAZONÍA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL AREA DE MANEJO ESPECIAL LA MACARENA	CORMACARENA
META	50686	SAN JUANITO	ANDINA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL AREA DE MANEJO ESPECIAL LA MACARENA	CORMACARENA
META	50689	SAN MARTÍN	ORINOQUÍA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL AREA DE MANEJO ESPECIAL LA MACARENA	CORMACARENA
META	50711	VISTAHERMOSA	AMAZONÍA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL AREA DE MANEJO ESPECIAL LA MACARENA	CORMACARENA
NARIÑO	52001	PASTO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE NARIÑO	CORPONARIÑO
NARIÑO	52019	ALBÁN	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE NARIÑO	CORPONARIÑO
NARIÑO	52022	ALDANA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE NARIÑO	CORPONARIÑO
NARIÑO	52036	ANCUYA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE NARIÑO	CORPONARIÑO
NARIÑO	52051	ARBOLEDA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE NARIÑO	CORPONARIÑO
NARIÑO	52079	BARBACOAS	PACÍFICA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE NARIÑO	CORPONARIÑO
NARIÑO	52083	BELÉN	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE NARIÑO	CORPONARIÑO
NARIÑO	52110	BUESACO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE NARIÑO	CORPONARIÑO
NARIÑO	52203	COLÓN	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE NARIÑO	CORPONARIÑO
NARIÑO	52207	CONSACÁ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE NARIÑO	CORPONARIÑO
NARIÑO	52210	CONTADERO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE NARIÑO	CORPONARIÑO
NARIÑO	52215	CÓRDOBA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE NARIÑO	CORPONARIÑO

Departamento	Codigo_Municipio	Municipio	RN	AutoridadAmbiental	AA
NARIÑO	52224	CUASPUD CARLOSAMA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE NARIÑO	CORPONARIÑO
NARIÑO	52227	CUMBAL	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE NARIÑO	CORPONARIÑO
NARIÑO	52233	CUMBITARA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE NARIÑO	CORPONARIÑO
NARIÑO	52240	CHACHAGÜÍ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE NARIÑO	CORPONARIÑO
NARIÑO	52250	EL CHARCO	PACÍFICA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE NARIÑO	CORPONARIÑO
NARIÑO	52254	EL PEÑOL	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE NARIÑO	CORPONARIÑO
NARIÑO	52256	EL ROSARIO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE NARIÑO	CORPONARIÑO
NARIÑO	52258	EL TABLÓN DE GÓMEZ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE NARIÑO	CORPONARIÑO
NARIÑO	52260	EL TAMBO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE NARIÑO	CORPONARIÑO
NARIÑO	52287	FUNES	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE NARIÑO	CORPONARIÑO
NARIÑO	52317	GUACHUCAL	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE NARIÑO	CORPONARIÑO
NARIÑO	52320	GUAITARILLA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE NARIÑO	CORPONARIÑO
NARIÑO	52323	GUALMATÁN	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE NARIÑO	CORPONARIÑO
NARIÑO	52352	ILES	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE NARIÑO	CORPONARIÑO
NARIÑO	52354	IMUÉS	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE NARIÑO	CORPONARIÑO
NARIÑO	52356	IPIALES	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE NARIÑO	CORPONARIÑO
NARIÑO	52378	LA CRUZ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE NARIÑO	CORPONARIÑO
NARIÑO	52381	LA FLORIDA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE NARIÑO	CORPONARIÑO
NARIÑO	52385	LA LLANADA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE NARIÑO	CORPONARIÑO
NARIÑO	52390	LA TOLA	PACÍFICA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE NARIÑO	CORPONARIÑO
NARIÑO	52399	LA UNIÓN	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE NARIÑO	CORPONARIÑO
NARIÑO	52405	LEIVA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE NARIÑO	CORPONARIÑO
NARIÑO	52411	LINARES	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE NARIÑO	CORPONARIÑO
NARIÑO	52418	LOS ANDES	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE NARIÑO	CORPONARIÑO

Departamento	Codigo_Municipio	Municipio	RN	AutoridadAmbiental	AA
NARIÑO	52427	MAGÜÍ	PACÍFICA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE NARIÑO	CORPONARIÑO
NARIÑO	52435	MALLAMA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE NARIÑO	CORPONARIÑO
NARIÑO	52473	MOSQUERA	PACÍFICA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE NARIÑO	CORPONARIÑO
NARIÑO	52480	NARIÑO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE NARIÑO	CORPONARIÑO
NARIÑO	52490	OLAYA HERRERA	PACÍFICA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE NARIÑO	CORPONARIÑO
NARIÑO	52506	OSPINA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE NARIÑO	CORPONARIÑO
NARIÑO	52520	FRANCISCO PIZARRO	PACÍFICA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE NARIÑO	CORPONARIÑO
NARIÑO	52540	POLICARPA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE NARIÑO	CORPONARIÑO
NARIÑO	52560	POTOSÍ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE NARIÑO	CORPONARIÑO
NARIÑO	52565	PROVIDENCIA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE NARIÑO	CORPONARIÑO
NARIÑO	52573	PUERRES	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE NARIÑO	CORPONARIÑO
NARIÑO	52585	PUPIALES	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE NARIÑO	CORPONARIÑO
NARIÑO	52612	RICAURTE	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE NARIÑO	CORPONARIÑO
NARIÑO	52621	ROBERTO PAYÁN	PACÍFICA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE NARIÑO	CORPONARIÑO
NARIÑO	52678	SAMANIEGO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE NARIÑO	CORPONARIÑO
NARIÑO	52683	SANDONÁ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE NARIÑO	CORPONARIÑO
NARIÑO	52685	SAN BERNARDO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE NARIÑO	CORPONARIÑO
NARIÑO	52687	SAN LORENZO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE NARIÑO	CORPONARIÑO
NARIÑO	52693	SAN PABLO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE NARIÑO	CORPONARIÑO
NARIÑO	52694	SAN PEDRO DE CARTAGO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE NARIÑO	CORPONARIÑO
NARIÑO	52696	SANTA BÁRBARA	PACÍFICA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE NARIÑO	CORPONARIÑO
NARIÑO	52699	SANTACRUZ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE NARIÑO	CORPONARIÑO
NARIÑO	52720	SAPUYES	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE NARIÑO	CORPONARIÑO
NARIÑO	52786	TAMINANGO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE NARIÑO	CORPONARIÑO

Departamento	Codigo_Municipio	Municipio	RN	AutoridadAmbiental	AA
NARIÑO	52788	TANGUA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE NARIÑO	CORPONARIÑO
NARIÑO	52835	SAN ANDRÉS DE TUMACO	PACÍFICA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE NARIÑO	CORPONARIÑO
NARIÑO	52838	TÚQUERRES	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE NARIÑO	CORPONARIÑO
NARIÑO	52885	YACUANQUER	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE NARIÑO	CORPONARIÑO
NORTE DE SANTANDER	54001	SAN JOSÉ DE CÚCUTA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA FRONTERA NORORIENTAL	CORPONOR
NORTE DE SANTANDER	54003	ÁBREGO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA FRONTERA NORORIENTAL	CORPONOR
NORTE DE SANTANDER	54051	ARBOLEDAS	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA FRONTERA NORORIENTAL	CORPONOR
NORTE DE SANTANDER	54099	BOCHALEMA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA FRONTERA NORORIENTAL	CORPONOR
NORTE DE SANTANDER	54109	BUCARASICA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA FRONTERA NORORIENTAL	CORPONOR
NORTE DE SANTANDER	54125	CÁCOTA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA FRONTERA NORORIENTAL	CORPONOR
NORTE DE SANTANDER	54128	CÁCHIRA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA FRONTERA NORORIENTAL	CORPONOR
NORTE DE SANTANDER	54172	CHINÁCOTA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA FRONTERA NORORIENTAL	CORPONOR
NORTE DE SANTANDER	54174	CHITAGÁ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA FRONTERA NORORIENTAL	CORPONOR
NORTE DE SANTANDER	54206	CONVENCIÓN	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA FRONTERA NORORIENTAL	CORPONOR
NORTE DE SANTANDER	54223	CUCUTILLA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA FRONTERA NORORIENTAL	CORPONOR
NORTE DE SANTANDER	54239	DURANIA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA FRONTERA NORORIENTAL	CORPONOR
NORTE DE SANTANDER	54245	EL CARMEN	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA FRONTERA NORORIENTAL	CORPONOR
NORTE DE SANTANDER	54250	EL TARRA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA FRONTERA NORORIENTAL	CORPONOR
NORTE DE SANTANDER	54261	EL ZULIA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA FRONTERA NORORIENTAL	CORPONOR
NORTE DE SANTANDER	54313	GRAMALOTE	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA FRONTERA NORORIENTAL	CORPONOR
NORTE DE SANTANDER	54344	HACARÍ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA FRONTERA NORORIENTAL	CORPONOR
NORTE DE SANTANDER	54347	HERRÁN	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA FRONTERA NORORIENTAL	CORPONOR
NORTE DE SANTANDER	54377	LABATECA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA FRONTERA NORORIENTAL	CORPONOR
NORTE DE SANTANDER	54385	LA ESPERANZA	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA FRONTERA NORORIENTAL	CORPONOR

Departamento	Codigo_Municipio	Municipio	RN	AutoridadAmbiental	AA
NORTE DE SANTANDER	54398	LA PLAYA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA FRONTERA NORORIENTAL	CORPONOR
NORTE DE SANTANDER	54405	LOS PATIOS	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA FRONTERA NORORIENTAL	CORPONOR
NORTE DE SANTANDER	54418	LOURDES	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA FRONTERA NORORIENTAL	CORPONOR
NORTE DE SANTANDER	54480	MUTISCUA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA FRONTERA NORORIENTAL	CORPONOR
NORTE DE SANTANDER	54498	OCAÑA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA FRONTERA NORORIENTAL	CORPONOR
NORTE DE SANTANDER	54518	PAMPLONA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA FRONTERA NORORIENTAL	CORPONOR
NORTE DE SANTANDER	54520	PAMPLONITA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA FRONTERA NORORIENTAL	CORPONOR
NORTE DE SANTANDER	54553	PUERTO SANTANDER	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA FRONTERA NORORIENTAL	CORPONOR
NORTE DE SANTANDER	54599	RAGONVALIA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA FRONTERA NORORIENTAL	CORPONOR
NORTE DE SANTANDER	54660	SALAZAR	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA FRONTERA NORORIENTAL	CORPONOR
NORTE DE SANTANDER	54670	SAN CALIXTO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA FRONTERA NORORIENTAL	CORPONOR
NORTE DE SANTANDER	54673	SAN CAYETANO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA FRONTERA NORORIENTAL	CORPONOR
NORTE DE SANTANDER	54680	SANTIAGO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA FRONTERA NORORIENTAL	CORPONOR
NORTE DE SANTANDER	54720	SARDINATA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA FRONTERA NORORIENTAL	CORPONOR
NORTE DE SANTANDER	54743	SILOS	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA FRONTERA NORORIENTAL	CORPONOR
NORTE DE SANTANDER	54800	TEORAMA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA FRONTERA NORORIENTAL	CORPONOR
NORTE DE SANTANDER	54810	TIBÚ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA FRONTERA NORORIENTAL	CORPONOR
NORTE DE SANTANDER	54820	TOLEDO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA FRONTERA NORORIENTAL	CORPONOR
NORTE DE SANTANDER	54871	VILLA CARO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA FRONTERA NORORIENTAL	CORPONOR
NORTE DE SANTANDER	54874	VILLA DEL ROSARIO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA FRONTERA NORORIENTAL	CORPONOR
QUINDÍO	63001	ARMENIA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL QUINDIO	CRQ
QUINDÍO	63111	BUENAVISTA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL QUINDIO	CRQ
QUINDÍO	63130	CALARCÁ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL QUINDIO	CRQ
QUINDÍO	63190	CIRCASIA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL QUINDIO	CRQ

Departamento	Codigo_Municipio	Municipio	RN	AutoridadAmbiental	AA
QUINDÍO	63212	CÓRDOBA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL QUINDIO	CRQ
QUINDÍO	63272	FILANDIA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL QUINDIO	CRQ
QUINDÍO	63302	GÉNOVA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL QUINDIO	CRQ
QUINDÍO	63401	LA TEBAIDA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL QUINDIO	CRQ
QUINDÍO	63470	MONTENEGRO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL QUINDIO	CRQ
QUINDÍO	63548	PIJAO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL QUINDIO	CRQ
QUINDÍO	63594	QUIMBAYA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL QUINDIO	CRQ
QUINDÍO	63690	SALENTO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL QUINDIO	CRQ
RISARALDA	66001	PEREIRA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE RISARALDA	CARDER
RISARALDA	66045	APÍA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE RISARALDA	CARDER
RISARALDA	66075	BALBOA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE RISARALDA	CARDER
RISARALDA	66088	BELÉN DE UMBRÍA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE RISARALDA	CARDER
RISARALDA	66170	DOSQUEBRADAS	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE RISARALDA	CARDER
RISARALDA	66318	GUÁTICA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE RISARALDA	CARDER
RISARALDA	66383	LA CELIA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE RISARALDA	CARDER
RISARALDA	66400	LA VIRGINIA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE RISARALDA	CARDER
RISARALDA	66440	MARSELLA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE RISARALDA	CARDER
RISARALDA	66456	MISTRATÓ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE RISARALDA	CARDER
RISARALDA	66572	PUEBLO RICO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE RISARALDA	CARDER
RISARALDA	66594	QUINCHÍA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE RISARALDA	CARDER
RISARALDA	66682	SANTA ROSA DE CABAL	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE RISARALDA	CARDER
RISARALDA	66687	SANTUARIO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE RISARALDA	CARDER
SANTANDER	68001	BUCARAMANGA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA	CDMB
SANTANDER	68013	AGUADA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SANTANDER	CAS

Departamento	Codigo_Municipio	Municipio	RN	AutoridadAmbiental	AA
SANTANDER	68020	ALBANIA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SANTANDER	CAS
SANTANDER	68051	ARATOCA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SANTANDER	CAS
SANTANDER	68077	BARBOSA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SANTANDER	CAS
SANTANDER	68079	BARICHARA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SANTANDER	CAS
SANTANDER	68081	BARRANCABERMEJA	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SANTANDER	CAS
SANTANDER	68092	BETULIA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SANTANDER	CAS
SANTANDER	68101	BOLÍVAR	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SANTANDER	CAS
SANTANDER	68121	CABRERA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SANTANDER	CAS
SANTANDER	68132	CALIFORNIA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA	CDMB
SANTANDER	68147	CAPITANEJO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SANTANDER	CAS
SANTANDER	68152	CARCASÍ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SANTANDER	CAS
SANTANDER	68160	CEPITÁ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SANTANDER	CAS
SANTANDER	68162	CERRITO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SANTANDER	CAS
SANTANDER	68167	CHARALÁ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SANTANDER	CAS
SANTANDER	68169	CHARTA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA	CDMB
SANTANDER	68176	CHIMA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SANTANDER	CAS
SANTANDER	68179	CHIPATÁ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SANTANDER	CAS
SANTANDER	68190	CIMITARRA	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SANTANDER	CAS
SANTANDER	68207	CONCEPCIÓN	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SANTANDER	CAS
SANTANDER	68209	CONFINES	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SANTANDER	CAS
SANTANDER	68211	CONTRATACIÓN	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SANTANDER	CAS
SANTANDER	68217	COROMORO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SANTANDER	CAS
SANTANDER	68229	CURITÍ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SANTANDER	CAS
SANTANDER	68235	EL CARMEN DE CHUCURÍ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SANTANDER	CAS

Departamento	Codigo_Municipio	Municipio	RN	AutoridadAmbiental	AA
SANTANDER	68245	EL GUACAMAYO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SANTANDER	CAS
SANTANDER	68250	EL PEÑÓN	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SANTANDER	CAS
SANTANDER	68255	EL PLAYÓN	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA	CDMB
SANTANDER	68264	ENCINO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SANTANDER	CAS
SANTANDER	68266	ENCISO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SANTANDER	CAS
SANTANDER	68271	FLORIÁN	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SANTANDER	CAS
SANTANDER	68276	FLORIDABLANCA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA	CDMB
SANTANDER	68296	GALÁN	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SANTANDER	CAS
SANTANDER	68298	GÁMBITA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SANTANDER	CAS
SANTANDER	68307	GIRÓN	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA	CDMB
SANTANDER	68318	GUACA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SANTANDER	CAS
SANTANDER	68320	GUADALUPE	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SANTANDER	CAS
SANTANDER	68322	GUAPOTÁ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SANTANDER	CAS
SANTANDER	68324	GUAVATÁ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SANTANDER	CAS
SANTANDER	68327	GÜEPSA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SANTANDER	CAS
SANTANDER	68344	HATO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SANTANDER	CAS
SANTANDER	68368	JESÚS MARÍA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SANTANDER	CAS
SANTANDER	68370	JORDÁN	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SANTANDER	CAS
SANTANDER	68377	LA BELLEZA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SANTANDER	CAS
SANTANDER	68385	LANDÁZURI	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SANTANDER	CAS
SANTANDER	68397	LA PAZ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SANTANDER	CAS
SANTANDER	68406	LEBRIJA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA	CDMB
SANTANDER	68418	LOS SANTOS	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SANTANDER	CAS
SANTANDER	68425	MACARAVITA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SANTANDER	CAS

Departamento	Codigo_Municipio	Municipio	RN	AutoridadAmbiental	AA
SANTANDER	68432	MÁLAGA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SANTANDER	CAS
SANTANDER	68444	MATANZA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA	CDMB
SANTANDER	68464	MOGOTES	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SANTANDER	CAS
SANTANDER	68468	MOLAGAVITA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SANTANDER	CAS
SANTANDER	68498	OCAMONTE	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SANTANDER	CAS
SANTANDER	68500	OIBA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SANTANDER	CAS
SANTANDER	68502	ONZAGA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SANTANDER	CAS
SANTANDER	68522	PALMAR	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SANTANDER	CAS
SANTANDER	68524	PALMAS DEL SOCORRO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SANTANDER	CAS
SANTANDER	68533	PÁRAMO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SANTANDER	CAS
SANTANDER	68547	PIEDECUESTA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA	CDMB
SANTANDER	68549	PINCHOTE	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SANTANDER	CAS
SANTANDER	68572	PUENTE NACIONAL	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SANTANDER	CAS
SANTANDER	68573	PUERTO PARRA	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SANTANDER	CAS
SANTANDER	68575	PUERTO WILCHES	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SANTANDER	CAS
SANTANDER	68615	RIONEGRO	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA	CDMB
SANTANDER	68655	SABANA DE TORRES	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SANTANDER	CAS
SANTANDER	68669	SAN ANDRÉS	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SANTANDER	CAS
SANTANDER	68673	SAN BENITO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SANTANDER	CAS
SANTANDER	68679	SAN GIL	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SANTANDER	CAS
SANTANDER	68682	SAN JOAQUÍN	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SANTANDER	CAS
SANTANDER	68684	SAN JOSÉ DE MIRANDA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SANTANDER	CAS
SANTANDER	68686	SAN MIGUEL	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SANTANDER	CAS
SANTANDER	68689	SAN VICENTE DE CHUCURÍ	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SANTANDER	CAS

Departamento	Codigo_Municipio	Municipio	RN	AutoridadAmbiental	AA
SANTANDER	68705	SANTA BÁRBARA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SANTANDER	CAS
SANTANDER	68720	SANTA HELENA DEL OPÓN	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SANTANDER	CAS
SANTANDER	68745	SIMACOTA	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SANTANDER	CAS
SANTANDER	68755	SOCORRO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SANTANDER	CAS
SANTANDER	68770	SUAITA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SANTANDER	CAS
SANTANDER	68773	SUCRE	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SANTANDER	CAS
SANTANDER	68780	SURATÁ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA	CDMB
SANTANDER	68820	TONA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA	CDMB
SANTANDER	68855	VALLE DE SAN JOSÉ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SANTANDER	CAS
SANTANDER	68861	VÉLEZ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SANTANDER	CAS
SANTANDER	68867	VETAS	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA	CDMB
SANTANDER	68872	VILLANUEVA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SANTANDER	CAS
SANTANDER	68895	ZAPATOCA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SANTANDER	CAS
SUCRE	70001	SINCELEJO	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SUCRE	CARSUCRE
SUCRE	70110	BUENAVISTA	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SUCRE	CARSUCRE
SUCRE	70124	CAIMITO	CARIBE	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DE LA MOJANA Y EL SAN JORGE	CORPOMOJANA
SUCRE	70204	COLOSÓ	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SUCRE	CARSUCRE
SUCRE	70215	COROZAL	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SUCRE	CARSUCRE
SUCRE	70221	COVEÑAS	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SUCRE	CARSUCRE
SUCRE	70230	CHALÁN	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SUCRE	CARSUCRE
SUCRE	70233	EL ROBLE	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SUCRE	CARSUCRE
SUCRE	70235	GALERAS	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SUCRE	CARSUCRE
SUCRE	70265	GUARANDA	CARIBE	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DE LA MOJANA Y EL SAN JORGE	CORPOMOJANA
SUCRE	70400	LA UNIÓN	CARIBE	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DE LA MOJANA Y EL SAN JORGE	CORPOMOJANA
SUCRE	70418	LOS PALMITOS	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SUCRE	CARSUCRE

Departamento	Codigo_Municipio	Municipio	RN	AutoridadAmbiental	AA
SUCRE	70429	MAJAGUAL	CARIBE	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DE LA MOJANA Y EL SAN JORGE	CORPOMOJANA
SUCRE	70473	MORROA	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SUCRE	CARSUCRE
SUCRE	70508	OVEJAS	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SUCRE	CARSUCRE
SUCRE	70523	PALMITO	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SUCRE	CARSUCRE
SUCRE	70670	SAMPUÉS	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SUCRE	CARSUCRE
SUCRE	70678	SAN BENITO ABAD	CARIBE	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DE LA MOJANA Y EL SAN JORGE	CORPOMOJANA
SUCRE	70702	SAN JUAN DE BETULIA	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SUCRE	CARSUCRE
SUCRE	70708	SAN MARCOS	CARIBE	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DE LA MOJANA Y EL SAN JORGE	CORPOMOJANA
SUCRE	70713	SAN ONOFRE	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SUCRE	CARSUCRE
SUCRE	70717	SAN PEDRO	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SUCRE	CARSUCRE
SUCRE	70742	SAN LUIS DE SINCÉ	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SUCRE	CARSUCRE
SUCRE	70771	SUCRE	CARIBE	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DE LA MOJANA Y EL SAN JORGE	CORPOMOJANA
SUCRE	70820	SANTIAGO DE TOLÚ	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SUCRE	CARSUCRE
SUCRE	70823	SAN JOSÉ DE TOLUVIEJO	CARIBE	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE SUCRE	CARSUCRE
TOLIMA	73001	IBAGUÉ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL TOLIMA	CORTOLIMA
TOLIMA	73024	ALPUJARRA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL TOLIMA	CORTOLIMA
TOLIMA	73026	ALVARADO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL TOLIMA	CORTOLIMA
TOLIMA	73030	AMBALEMA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL TOLIMA	CORTOLIMA
TOLIMA	73043	ANZOÁTEGUI	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL TOLIMA	CORTOLIMA
TOLIMA	73055	ARMERO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL TOLIMA	CORTOLIMA
TOLIMA	73067	ATACO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL TOLIMA	CORTOLIMA
TOLIMA	73124	CAJAMARCA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL TOLIMA	CORTOLIMA
TOLIMA	73148	CARMEN DE APICALÁ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL TOLIMA	CORTOLIMA
TOLIMA	73152	CASABIANCA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL TOLIMA	CORTOLIMA

Departamento	Codigo_Municipio	Municipio	RN	AutoridadAmbiental	AA
TOLIMA	73168	CHAPARRAL	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL TOLIMA	CORTOLIMA
TOLIMA	73200	COELLO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL TOLIMA	CORTOLIMA
TOLIMA	73217	COYAIMA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL TOLIMA	CORTOLIMA
TOLIMA	73226	CUNDAY	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL TOLIMA	CORTOLIMA
TOLIMA	73236	DOLORES	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL TOLIMA	CORTOLIMA
TOLIMA	73268	ESPINAL	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL TOLIMA	CORTOLIMA
TOLIMA	73270	FALAN	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL TOLIMA	CORTOLIMA
TOLIMA	73275	FLANDES	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL TOLIMA	CORTOLIMA
TOLIMA	73283	FRESNO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL TOLIMA	CORTOLIMA
TOLIMA	73319	GUAMO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL TOLIMA	CORTOLIMA
TOLIMA	73347	HERVEO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL TOLIMA	CORTOLIMA
TOLIMA	73349	HONDA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL TOLIMA	CORTOLIMA
TOLIMA	73352	ICONONZO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL TOLIMA	CORTOLIMA
TOLIMA	73408	LÉRIDA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL TOLIMA	CORTOLIMA
TOLIMA	73411	LÍBANO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL TOLIMA	CORTOLIMA
TOLIMA	73443	SAN SEBASTIÁN DE MARIQUITA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL TOLIMA	CORTOLIMA
TOLIMA	73449	MELGAR	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL TOLIMA	CORTOLIMA
TOLIMA	73461	MURILLO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL TOLIMA	CORTOLIMA
TOLIMA	73483	NATAGAIMA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL TOLIMA	CORTOLIMA
TOLIMA	73504	ORTEGA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL TOLIMA	CORTOLIMA
TOLIMA	73520	PALOCABILDO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL TOLIMA	CORTOLIMA
TOLIMA	73547	PIEDRAS	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL TOLIMA	CORTOLIMA
TOLIMA	73555	PLANADAS	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL TOLIMA	CORTOLIMA
TOLIMA	73563	PRADO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL TOLIMA	CORTOLIMA

Departamento	Codigo_Municipio	Municipio	RN	AutoridadAmbiental	AA
TOLIMA	73585	PURIFICACIÓN	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL TOLIMA	CORTOLIMA
TOLIMA	73616	RIOBLANCO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL TOLIMA	CORTOLIMA
TOLIMA	73622	RONCESVALLES	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL TOLIMA	CORTOLIMA
TOLIMA	73624	ROVIRA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL TOLIMA	CORTOLIMA
TOLIMA	73671	SALDAÑA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL TOLIMA	CORTOLIMA
TOLIMA	73675	SAN ANTONIO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL TOLIMA	CORTOLIMA
TOLIMA	73678	SAN LUIS	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL TOLIMA	CORTOLIMA
TOLIMA	73686	SANTA ISABEL	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL TOLIMA	CORTOLIMA
TOLIMA	73770	SUÁREZ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL TOLIMA	CORTOLIMA
TOLIMA	73854	VALLE DE SAN JUAN	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL TOLIMA	CORTOLIMA
TOLIMA	73861	VENADILLO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL TOLIMA	CORTOLIMA
TOLIMA	73870	VILLAHERMOSA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL TOLIMA	CORTOLIMA
TOLIMA	73873	VILLARRICA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL TOLIMA	CORTOLIMA
VALLE DEL CAUCA	76001	SANTIAGO DE CALI	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA	CVC
VALLE DEL CAUCA	76020	ALCALÁ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA	CVC
VALLE DEL CAUCA	76036	ANDALUCÍA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA	CVC
VALLE DEL CAUCA	76041	ANSERMANUEVO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA	CVC
VALLE DEL CAUCA	76054	ARGELIA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA	CVC
VALLE DEL CAUCA	76100	BOLÍVAR	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA	CVC
VALLE DEL CAUCA	76109	BUENAVENTURA	PACÍFICA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA	CVC
VALLE DEL CAUCA	76111	GUADALAJARA DE BUGA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA	CVC
VALLE DEL CAUCA	76113	BUGALAGRANDE	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA	CVC
VALLE DEL CAUCA	76122	CAICEDONIA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA	CVC
VALLE DEL CAUCA	76126	CALIMA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA	CVC

Departamento	Codigo_Municipio	Municipio	RN	AutoridadAmbiental	AA
VALLE DEL CAUCA	76130	CANDELARIA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA	CVC
VALLE DEL CAUCA	76147	CARTAGO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA	CVC
VALLE DEL CAUCA	76233	DAGUA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA	CVC
VALLE DEL CAUCA	76243	EL ÁGUILA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA	CVC
VALLE DEL CAUCA	76246	EL CAIRO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA	CVC
VALLE DEL CAUCA	76248	EL CERRITO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA	CVC
VALLE DEL CAUCA	76250	EL DOVIO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA	CVC
VALLE DEL CAUCA	76275	FLORIDA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA	CVC
VALLE DEL CAUCA	76306	GINEBRA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA	CVC
VALLE DEL CAUCA	76318	GUACARÍ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA	CVC
VALLE DEL CAUCA	76364	JAMUNDÍ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA	CVC
VALLE DEL CAUCA	76377	LA CUMBRE	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA	CVC
VALLE DEL CAUCA	76400	LA UNIÓN	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA	CVC
VALLE DEL CAUCA	76403	LA VICTORIA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA	CVC
VALLE DEL CAUCA	76497	OBANDO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA	CVC
VALLE DEL CAUCA	76520	PALMIRA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA	CVC
VALLE DEL CAUCA	76563	PRADERA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA	CVC
VALLE DEL CAUCA	76606	RESTREPO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA	CVC
VALLE DEL CAUCA	76616	RIOFRÍO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA	CVC
VALLE DEL CAUCA	76622	ROLDANILLO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA	CVC
VALLE DEL CAUCA	76670	SAN PEDRO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA	CVC
VALLE DEL CAUCA	76736	SEVILLA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA	CVC
VALLE DEL CAUCA	76823	TORO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA	CVC
VALLE DEL CAUCA	76828	TRUJILLO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA	CVC

Departamento	Codigo_Municipio	Municipio	RN	AutoridadAmbiental	AA
VALLE DEL CAUCA	76834	TULUÁ	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA	CVC
VALLE DEL CAUCA	76845	ULLOA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA	CVC
VALLE DEL CAUCA	76863	VERSALLES	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA	CVC
VALLE DEL CAUCA	76869	VIJES	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA	CVC
VALLE DEL CAUCA	76890	YOTOCO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA	CVC
VALLE DEL CAUCA	76892	YUMBO	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA	CVC
VALLE DEL CAUCA	76895	ZARZAL	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA	CVC
ARAUCA	81001	ARAUCA	ORINOQUÍA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA ORINOQUIA	CORPORINOQUIA
ARAUCA	81065	ARAUQUITA	ORINOQUÍA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA ORINOQUIA	CORPORINOQUIA
ARAUCA	81220	CRAVO NORTE	ORINOQUÍA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA ORINOQUIA	CORPORINOQUIA
ARAUCA	81300	FORTUL	ORINOQUÍA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA ORINOQUIA	CORPORINOQUIA
ARAUCA	81591	PUERTO RONDÓN	ORINOQUÍA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA ORINOQUIA	CORPORINOQUIA
ARAUCA	81736	SARAVENA	ORINOQUÍA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA ORINOQUIA	CORPORINOQUIA
ARAUCA	81794	TAME	ORINOQUÍA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA ORINOQUIA	CORPORINOQUIA
CASANARE	85001	YOPAL	ORINOQUÍA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA ORINOQUIA	CORPORINOQUIA
CASANARE	85010	AGUAZUL	ORINOQUÍA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA ORINOQUIA	CORPORINOQUIA
CASANARE	85015	CHÁMEZA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA ORINOQUIA	CORPORINOQUIA
CASANARE	85125	HATO COROZAL	ORINOQUÍA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA ORINOQUIA	CORPORINOQUIA
CASANARE	85136	LA SALINA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA ORINOQUIA	CORPORINOQUIA
CASANARE	85139	MANÍ	ORINOQUÍA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA ORINOQUIA	CORPORINOQUIA
CASANARE	85162	MONTERREY	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA ORINOQUIA	CORPORINOQUIA
CASANARE	85225	NUNCHÍA	ORINOQUÍA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA ORINOQUIA	CORPORINOQUIA
CASANARE	85230	OROCUÉ	ORINOQUÍA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA ORINOQUIA	CORPORINOQUIA
CASANARE	85250	PAZ DE ARIPORO	ORINOQUÍA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA ORINOQUIA	CORPORINOQUIA

Departamento	Codigo_Municipio	Municipio	RN	AutoridadAmbiental	AA
CASANARE	85263	PORE	ORINOQUÍA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA ORINOQUIA	CORPORINOQUIA
CASANARE	85279	RECETOR	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA ORINOQUIA	CORPORINOQUIA
CASANARE	85300	SABANALARGA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA ORINOQUIA	CORPORINOQUIA
CASANARE	85315	SÁCAMA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA ORINOQUIA	CORPORINOQUIA
CASANARE	85325	SAN LUIS DE PALENQUE	ORINOQUÍA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA ORINOQUIA	CORPORINOQUIA
CASANARE	85400	TÁMARA	ANDINA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA ORINOQUIA	CORPORINOQUIA
CASANARE	85410	TAURAMENA	ORINOQUÍA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA ORINOQUIA	CORPORINOQUIA
CASANARE	85430	TRINIDAD	ORINOQUÍA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA ORINOQUIA	CORPORINOQUIA
CASANARE	85440	VILLANUEVA	ORINOQUÍA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA ORINOQUIA	CORPORINOQUIA
PUTUMAYO	86001	MOCOA	ANDINA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL SUR DE LA AMAZONIA	CORPOAMAZONIA
PUTUMAYO	86219	COLÓN	ANDINA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL SUR DE LA AMAZONIA	CORPOAMAZONIA
PUTUMAYO	86320	ORITO	ANDINA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL SUR DE LA AMAZONIA	CORPOAMAZONIA
PUTUMAYO	86568	PUERTO ASÍS	AMAZONÍA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL SUR DE LA AMAZONIA	CORPOAMAZONIA
PUTUMAYO	86569	PUERTO CAICEDO	AMAZONÍA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL SUR DE LA AMAZONIA	CORPOAMAZONIA
PUTUMAYO	86571	PUERTO GUZMÁN	AMAZONÍA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL SUR DE LA AMAZONIA	CORPOAMAZONIA
PUTUMAYO	86573	PUERTO LEGUÍZAMO	AMAZONÍA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL SUR DE LA AMAZONIA	CORPOAMAZONIA
PUTUMAYO	86749	SIBUNDOY	ANDINA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL SUR DE LA AMAZONIA	CORPOAMAZONIA
PUTUMAYO	86755	SAN FRANCISCO	ANDINA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL SUR DE LA AMAZONIA	CORPOAMAZONIA
PUTUMAYO	86757	SAN MIGUEL	AMAZONÍA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL SUR DE LA AMAZONIA	CORPOAMAZONIA
PUTUMAYO	86760	SANTIAGO	ANDINA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL SUR DE LA AMAZONIA	CORPOAMAZONIA
PUTUMAYO	86865	VALLE DEL GUAMUEZ	AMAZONÍA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL SUR DE LA AMAZONIA	CORPOAMAZONIA
PUTUMAYO	86885	VILLAGARZÓN	ANDINA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL SUR DE LA AMAZONIA	CORPOAMAZONIA
ARCHIPIÉLAGO DE SAN ANDRÉS, PROVIDENCIA Y SANTA CATALINA	88001	SAN ANDRÉS	INSULAR	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL ARCHIPIELAGO DE SAN ANDRES, PROVIDENCIA Y STA CATALINA	CORALINA

Departamento	Codigo_Municipio	Municipio	RN	AutoridadAmbiental	AA
ARCHIPIÉLAGO DE SAN ANDRÉS, PROVIDENCIA Y SANTA CATALINA	88564	PROVIDENCIA	INSULAR	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL ARCHIPIELAGO DE SAN ANDRES, PROVIDENCIA Y STA CATALINA	CORALINA
AMAZONAS	91001	LETICIA	AMAZONÍA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL SUR DE LA AMAZONIA	CORPOAMAZONIA
AMAZONAS	91263	EL ENCANTO	AMAZONÍA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL SUR DE LA AMAZONIA	CORPOAMAZONIA
AMAZONAS	91405	LA CHORRERA	AMAZONÍA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL SUR DE LA AMAZONIA	CORPOAMAZONIA
AMAZONAS	91407	LA PEDRERA	AMAZONÍA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL SUR DE LA AMAZONIA	CORPOAMAZONIA
AMAZONAS	91430	LA VICTORIA	AMAZONÍA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL SUR DE LA AMAZONIA	CORPOAMAZONIA
AMAZONAS	91460	MIRITÍ - PARANÁ	AMAZONÍA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL SUR DE LA AMAZONIA	CORPOAMAZONIA
AMAZONAS	91530	PUERTO ALEGRÍA	AMAZONÍA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL SUR DE LA AMAZONIA	CORPOAMAZONIA
AMAZONAS	91536	PUERTO ARICA	AMAZONÍA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL SUR DE LA AMAZONIA	CORPOAMAZONIA
AMAZONAS	91540	PUERTO NARIÑO	AMAZONÍA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL SUR DE LA AMAZONIA	CORPOAMAZONIA
AMAZONAS	91669	PUERTO SANTANDER	AMAZONÍA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL SUR DE LA AMAZONIA	CORPOAMAZONIA
AMAZONAS	91798	TARAPACÁ	AMAZONÍA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL SUR DE LA AMAZONIA	CORPOAMAZONIA
GUAINÍA	94001	INÍRIDA	AMAZONÍA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL NORTE Y EL ORIENTE AMAZONICO	CDA
GUAINÍA	94343	BARRANCOMINAS	AMAZONÍA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL NORTE Y EL ORIENTE AMAZONICO	CDA
GUAINÍA	94883	SAN FELIPE	AMAZONÍA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL NORTE Y EL ORIENTE AMAZONICO	CDA
GUAINÍA	94884	PUERTO COLOMBIA	AMAZONÍA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL NORTE Y EL ORIENTE AMAZONICO	CDA
GUAINÍA	94885	LA GUADALUPE	AMAZONÍA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL NORTE Y EL ORIENTE AMAZONICO	CDA
GUAINÍA	94886	CACAHUAL	AMAZONÍA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL NORTE Y EL ORIENTE AMAZONICO	CDA
GUAINÍA	94887	PANA PANA	AMAZONÍA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL NORTE Y EL ORIENTE AMAZONICO	CDA
GUAINÍA	94888	MORICHAL	AMAZONÍA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL NORTE Y EL ORIENTE AMAZONICO	CDA

Departamento	Codigo_Municipio	Municipio	RN	AutoridadAmbiental	AA
GUAVIARE	95001	SAN JOSÉ DEL GUAVIARE	AMAZONÍA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL NORTE Y EL ORIENTE AMAZONICO	CDA
GUAVIARE	95015	CALAMAR	AMAZONÍA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL NORTE Y EL ORIENTE AMAZONICO	CDA
GUAVIARE	95025	EL RETORNO	AMAZONÍA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL NORTE Y EL ORIENTE AMAZONICO	CDA
GUAVIARE	95200	MIRAFLORES	AMAZONÍA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL NORTE Y EL ORIENTE AMAZONICO	CDA
VAUPÉS	97001	MITÚ	AMAZONÍA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL NORTE Y EL ORIENTE AMAZONICO	CDA
VAUPÉS	97161	CARURÚ	AMAZONÍA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL NORTE Y EL ORIENTE AMAZONICO	CDA
VAUPÉS	97511	PACOA	AMAZONÍA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL NORTE Y EL ORIENTE AMAZONICO	CDA
VAUPÉS	97666	TARAIRA	AMAZONÍA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL NORTE Y EL ORIENTE AMAZONICO	CDA
VAUPÉS	97777	PAPUNAHUA	AMAZONÍA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL NORTE Y EL ORIENTE AMAZONICO	CDA
VAUPÉS	97889	YAVARATÉ	AMAZONÍA	CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL NORTE Y EL ORIENTE AMAZONICO	CDA
VICHADA	99001	PUERTO CARREÑO	ORINOQUÍA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA ORINOQUIA	CORPORINOQUIA
VICHADA	99524	LA PRIMAVERA	ORINOQUÍA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA ORINOQUIA	CORPORINOQUIA
VICHADA	99624	SANTA ROSALÍA	ORINOQUÍA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA ORINOQUIA	CORPORINOQUIA
VICHADA	99773	CUMARIBO	ORINOQUÍA	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA ORINOQUIA	CORPORINOQUIA

Anexo 1.5. Categorías clave

En las Directrices del IPCC de 2006 y su refinamiento 2019 (Volumen 1, capitulo 4) para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, se establecen dos métodos para efectuar el análisis de categorías clave o principales. La Guía EMEP/EEA en la Parte A, Capítulo 2, establece la metodología de estimación de categorías clave para carbono negro y contaminantes criterio.

El método 1, identifica las categorías principales evaluando la influencia que ejercen diversas categorías de fuentes y sumideros sobre el nivel respecto a las emisiones totales en el último año del inventario, y la tendencia en la cual, se evalúa el aporte del cambio de emisiones de cada categoría en el cambio de emisiones o absorciones totales, entre el último año y un año de referencia. Por su parte el método 2 identifica las categorías principales de forma similar al método 1 pero considerando la influencia de la incertidumbre de la emisión.

El análisis de categorías clave del INGEI 1990-2024, se realiza por los dos métodos (según su aporte al nivel y a la tendencia) para GEI y únicamente por el método 1 para carbono negro y contaminantes criterio. Las ecuaciones empleadas se presentan a continuación:

- **Método 1**

El Cuadro 1, presenta la ecuación por el método 1 por nivel, identificando las categorías que al sumarse conjuntamente en orden de magnitud descendente, totalizan el 95 % para las estimaciones de GEI y 80 % para las estimaciones de carbono negro y otros contaminantes.

Evaluación de nivel (método 1)
Ecuación 4.1, Evaluación de Nivel (Método 1) (IPCC – 2019, volumen 1, capítulo 4) $$L_{x,t} = \frac{\left|E_{x,t}\right|}{\sum_i \left|E_{i,t}\right|}$$ Donde: $L_{x,t}$ = Evaluación de nivel para *x* de fuente o sumidero del último año del inventario (año *t*) $\left|E_{x,t}\right|$ = Valor absoluto de la estimación de emisión o absorción de la categoría *x* de fuente o sumidero del año *t*. $\sum_i \left|E_{i,t}\right|$ = Contribución total, es la suma de los valores absolutos de emisiones y absorciones para todas las n categorías (*i = 1,.... x, n*) en el año *t* calculado utilizando el nivel de agregación elegido por el país para el análisis de categorías clave.

Cuadro 1. Ecuación evaluación de nivel (método 1)

El objetivo de la evaluación de la tendencia es identificar las categorías de emisiones o absorciones que presentan cambios significativos a lo largo del tiempo, independientemente de su tamaño absoluto. Esto incluye tanto las categorías que muestran tendencias ascendentes como las que muestran tendencias descendentes. Los años seleccionados para el análisis son 1990 y 2024, como año base y año de estudio respectivamente.

Las ecuaciones en el Cuadro 2 y Cuadro 3 son utilizadas para el cálculo del método 1 por evaluación de tendencia. Las categorías clave por el método 1 - tendencia son aquellas que, al sumarse conjuntamente en orden de magnitud descendente, totalizan el 95 por ciento para GEI y 80% para carbono negro y contaminantes criterio.

Evaluación de tendencia (método 1)

Ecuación 4.2, Evaluación de tendencia (Método 1) (IPCC – 2019, volumen 1, capítulo 4)

$$T_{x,t} = \left| \frac{E_{x,t} - E_{x,0}}{\sum_i E_{i,t} - \sum_i E_{i,o}} \right|$$

Donde:

$T_{x,t}$ = Evaluación de tendencias de la categoría de fuente o sumidero *x* en el año *t* en comparación con el año base (año 0)

$E_{x,t}$ y $E_{x,0}$ = Valores reales de las estimaciones de la de la categoría *x* de fuente o sumidero de los años *t* y *0*, respectivamente.

$\sum_i E_{i,t}$ y $\sum_i E_{i,0}$ = estimaciones totales del inventario de los años *t* y 0, respectivamente.

Cuadro 2. Ecuación evaluación de tendencia (método 1)

Evaluación de tendencia (método 1)

Ecuación 4.3, Evaluación de tendencia (Método 1) (IPCC – 2006, volumen 1, capítulo 4)

$$T_{x,t} = \left| \frac{E_{x,t}}{\sum_y |E_{y,0}|} \right|$$

Donde:

$T_{x,t}$ = Evaluación de tendencias de la categoría de fuente o sumidero *x* en el año *t* en comparación con el año base (año 0)

$E_{x,t}$ = Valores reales de las estimaciones de la de la categoría *x* de fuente o sumidero de los años *t*

$\sum_y E_{y,0}$ = Estimaciones totales del inventario de los años 0

Cuadro 3. Ecuación evaluación por tendencia con emisiones cero del año base (método 1)

En aquellas circunstancias en las que las emisiones del año base para una categoría dada son cero, la expresión puede reformularse para evitar el cero en el denominador (véase Cuadro 3).

- **Método 2:**

El Método 2 para identificar categorías principales mediante la evaluación de nivel se basa en un análisis más detallado que complementa el Método 1. Este método se centra en la incertidumbre asociada a las estimaciones de emisiones y absorciones, y busca proporcionar una comprensión más profunda de por qué ciertas categorías son consideradas principales, es decir que, se incluyen las incertidumbres de la categoría ponderando los resultados de la evaluación de nivel y tendencia del método 1. Este método solo se implementa en el INGEI de Colombia para las estimaciones de GEI.

A continuación, se presentan las ecuaciones de categoría principal:

Evaluación de nivel (método 2)

Ecuación 4.4, Evaluación de Nivel (Método 2) (IPCC – 2006, volumen 1, capítulo 4)

$$LU_{x,t} = \frac{(L_{x,t} * U_{x,t})}{\sum_y [(L_{y,t} * U_{y,t})]}$$

Donde:

$LU_{x,t}$ = Evaluación de nivel para la categoría *x* del último año del inventario (año *t*) con incertidumbre.

$L_{x,t}$ = Se computa como en la ecuación del Cuadro 2

$U_{x,t}$ = Porcentaje de incertidumbre de la categoría en el año *t*. Si la incertidumbre declarada es asimétrica, debe utilizarse la incertidumbre mayor. La incertidumbre relativa siempre tiene un signo positivo.

Cuadro 4. Ecuación evaluación de nivel (método 2)

La ecuación del Cuadro 4 es utilizada para el cálculo del método 2 por evaluación de nivel. Las categorías clave por el método 2 - nivel son aquellas que, al sumarse conjuntamente en orden de magnitud descendente, totalizan el 90 % del total de $LU_{x,t}$

La ecuación del Cuadro 5, es utilizada para el cálculo del método 2 por evaluación de tendencia. Las categorías clave por el método 2 - tendencia son aquellas que, al sumarse conjuntamente en orden de magnitud descendente, totalizan el 90 % del total de $TU_{x,t}$

Evaluación de tendencia (método 2)

Ecuación 4.5, Evaluación de tendencia (Método 2) (IPCC – 2006, volumen 1, capítulo 4)

$$TU_{x,t} = (T_{x,t} * U_{x,t})$$

Donde:

$TU_{x,t}$ = Evaluación de tendencia para la categoría x del último año del inventario (año t) con incertidumbre.

$T_{x,t}$= Evaluación de tendencia computada como en la ecuación del Cuadro 2

$U_{x,t}$= Porcentaje de incertidumbre de la categoría en el año t. La incertidumbre relativa siempre tiene un signo positivo.

Cuadro 5. Ecuación evaluación de tendencia (método 2)

Categorías clave en el inventario de GEI con LULUCF

Las categorías clave para el inventario de GEI se estimaron utilizando los métodos 1 y 2, tanto a nivel como en tendencia, con datos de emisiones y/o absorciones de los años 1990 y 2024, las incertidumbres de emisiones y/o absorciones para 2024 y un listado del nivel de agregación deseado.

Los resultados se reportaron con las siguientes notaciones: método 1 – nivel (N1), método 1 – tendencia (T1), método 2 – nivel (N2) y método 2 – tendencia (T2).

Tabla 10-1. Resultados categorías clave del inventario de GEI considerando LULUCF método 1 – nivel (N1) (2024)

Subcategoría IPCC	GEI	Ex,t [kt CO_2eq]	|Ex,t| [kt CO_2eq]	Lx,t (%)	Total acumulativo (%)
4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	CO2	51.875,1	51.875,1	16,3%	16,3%
3.A.1. Bovinos	CH4	44.757,0	44.757,0	14,1%	30,4%
1.A.3. Transporte	CO2	35.176,4	35.176,4	11,1%	41,5%
1.A.1. Industrias de la energía	CO2	29.127,7	29.127,7	9,2%	50,7%
4.C.2. Tierras convertidas a pastizales	CO2	28.843,1	28.843,1	9,1%	59,8%
1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	CO2	19.167,7	19.167,7	6,0%	65,8%
5.A.1 Sitios gestionado de residuos sólidos	CH4	12.360,2	12.360,2	3,9%	69,7%
4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	CO2	10.565,5	10.565,5	3,3%	73,1%
4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	CO2_ABS	-9.269,9	9.269,9	2,9%	76,0%
1.A.4. Otros sectores	CO2	9.263,6	9.263,6	2,9%	78,9%
5.D.2. Tratamiento y eliminación aguas residuales industriales	CH4	8.474,8	8.474,8	2,7%	81,6%
1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	CH4	5.884,6	5.884,6	1,9%	83,4%
4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	CO2_ABS	-5.120,6	5.120,6	1,6%	85,0%
3.D.1 Emisiones directas de N2O de suelos gestionados	N2O	4.853,4	4.853,4	1,5%	86,6%
4.C.1. Pastizales que permanecen como tales	CO2_ABS	-4.852,9	4.852,9	1,5%	88,1%
2.A.1. Producción de cemento	CO2	4.625,1	4.625,1	1,5%	89,5%
1.B.1. Combustibles sólidos	CH4	2.319,9	2.319,9	0,7%	90,3%
5.D.1.Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	CH4	2.313,1	2.313,1	0,7%	91,0%
3.A.4. Otro ganado	CH4	1.899,1	1.899,1	0,6%	91,6%

2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	HFC-125	1.714,3	1.714,3	0,5%	92,1%
4.C.1. Pastizales que permanecen como tales	CO2	1.655,6	1.655,6	0,5%	92,7%
2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	HFC-134a	1.544,3	1.544,3	0,5%	93,2%
2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	HFC-143a	1.308,0	1.308,0	0,4%	93,6%
1.A.4. Otros sectores	CH4	1.265,0	1.265,0	0,4%	94,0%
4.D.2. Tierras convertidas a humedales	CO2	1.258,6	1.258,6	0,4%	94,4%
5.C.2. Incineración abierta de residuos	CO2	1.237,7	1.237,7	0,4%	94,8%
1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	CO2	1.227,7	1.227,7	0,4%	95,1%

Tabla 10-2. Resultados categorías clave del inventario de GEI considerando LULUCF método 1 – tendencia (T1) (1990 y 2024)

Subcategoría IPCC	GEI	$E_{x,0}$ [kt CO_2eq]	$E_{x,t}$ [kt CO_2eq]	$T_{x,t}$	Contribución a la tendencia (%)	Total acumulativo (%)
4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	CO2	76.487,8	51.875,1	0,178	26,4%	26,4%
1.A.1. Industrias de la energía	CO2	9.946,1	29.127,7	0,071	10,6%	37,0%
4.B.2. Tierras convertidas a tierras de cultivo	CO2	10.111,8	455,7	0,051	7,5%	44,4%
1.A.3. Transporte	CO2	19.152,4	35.176,4	0,049	7,3%	51,7%
5.A.1 Sitios gestionado de residuos sólidos	CH4	2.989,1	12.360,2	0,037	5,4%	57,2%
1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	CO2	9.404,3	19.167,7	0,032	4,8%	61,9%
3.A.1. Bovinos	CH4	31.230,8	44.757,0	0,027	4,0%	65,9%
4.C.2. Tierras convertidas a pastizales	CO2	28.479,1	28.843,1	0,026	3,9%	69,7%
4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	CO2_ABS	-4.658,3	-9.269,9	0,024	3,6%	73,3%
4.C.1. Pastizales que permanecen como tales	CO2_ABS	0,0	-4.852,9	0,022	3,2%	76,5%
5.D.2. Tratamiento y eliminación aguas residuales industriales	CH4	2.975,9	8.474,8	0,020	3,0%	79,5%
4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	CO2_ABS	-890,6	-5.120,6	0,019	2,8%	82,3%
1.A.4. Otros sectores	CO2	4.226,1	9.263,6	0,017	2,5%	84,8%
4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	CO2	5.391,4	10.565,5	0,017	2,5%	87,3%
2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	HFC-125	0,0	1.714,3	0,008	1,1%	88,4%
1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	CH4	3.439,5	5.884,6	0,007	1,0%	89,4%
2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	HFC-134a	0,0	1.544,3	0,007	1,0%	90,5%
4.C.1. Pastizales que permanecen como tales	CO2	2.487,2	1.655,6	0,006	0,9%	91,3%
2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	HFC-143a	0,0	1.308,0	0,006	0,9%	92,2%
2.A.1. Producción de cemento	CO2	2.739,6	4.625,1	0,005	0,8%	93,0%
3.D.1 Emisiones directas de N2O de suelos gestionados	N2O	3.092,9	4.853,4	0,004	0,7%	93,6%
4.E.2. Tierras convertidas a asentamientos	CO2	681,4	80,5	0,003	0,5%	94,1%
4.A.2. Tierras convertidas a tierras forestales	CO2_ABS	-125,2	-844,5	0,003	0,5%	94,6%
1.A.4. Otros sectores	CH4	1.493,7	1.265,0	0,002	0,4%	94,9%
5.C.2. Incineración abierta de residuos	CO2	579,3	1.237,7	0,002	0,3%	95,3%

Tabla 10-3. Resultados categorías clave del inventario de GEI considerando LULUCF método 2 – nivel (N2) (2024)

Subcategoría IPCC	GEI	Ex,t (Gg CO_2eq)	$U_{x,t}$ (%)	E*U	$L_{x,t}$ (%)	Total acumulativo (%)
1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	CO2	19.167,7	9,3%	1.775,3	10,3%	10,3%
3.A.1. Bovinos	CH4	44.757,0	3,7%	1.637,1	9,5%	19,7%
4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	CO2	51.875,1	3,0%	1.560,9	9,0%	28,8%
4.C.2. Tierras convertidas a pastizales	CO2	28.843,1	5,3%	1.523,0	8,8%	37,6%
1.A.3. Transporte	CO2	35.176,4	2,9%	1.029,5	6,0%	43,5%
1.A.4. Otros sectores	CO2	9.263,6	10,4%	966,5	5,6%	49,1%
1.A.1. Industrias de la energía	CO2	29.127,7	2,8%	829,7	4,8%	53,9%
1.B.1. Combustibles sólidos	CH4	2.319,9	28,6%	662,8	3,8%	57,7%
3.D.1 Emisiones directas de N2O de suelos gestionados	N2O	4.853,4	13,0%	630,1	3,6%	61,4%
5.D.2. Tratamiento y eliminación aguas residuales industriales	CH4	8.474,8	6,9%	585,7	3,4%	64,8%
1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	CH4	5.884,6	9,9%	584,0	3,4%	68,1%
2.A.1. Producción de cemento	CO2	4.625,1	10,3%	476,7	2,8%	70,9%
5.A.1 Sitios gestionado de residuos sólidos	CH4	12.360,2	2,8%	350,4	2,0%	72,9%
1.A.4. Otros sectores	CH4	1.265,0	26,8%	339,0	2,0%	74,9%
4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	CO2	10.565,5	2,9%	302,6	1,7%	76,6%
3.D.2. Emisiones indirectas de N2O de suelos gestionados	N2O	1.168,6	20,8%	243,4	1,4%	78,0%
2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	HFC-125	1.714,3	12,6%	216,3	1,3%	79,3%
1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	N2O	558,3	35,4%	197,5	1,1%	80,4%
4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	CO2_ABS	-9.269,9	2,1%	195,9	1,1%	81,6%
2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	HFC-134a	1.544,3	12,6%	194,2	1,1%	82,7%
2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	HFC-143a	1.308,0	14,6%	191,5	1,1%	83,8%
3.B.4. Otro ganado	N2O	504,5	35,0%	176,6	1,0%	84,8%
1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	CO2	1.227,7	13,8%	169,8	1,0%	85,8%
3.C.1. Arroz riego	CH4	561,2	23,9%	134,3	0,8%	86,6%
3.B.3. Porcinos	CH4	1.178,8	10,4%	123,1	0,7%	87,3%
3.A.4. Otro ganado	CH4	1.899,1	6,4%	122,1	0,7%	88,0%
4.D.2. Tierras convertidas a humedales	CO2	1.258,6	9,2%	115,3	0,7%	88,6%
4.C.1. Pastizales que permanecen como tales	CO2_ABS	-4.852,9	2,2%	106,4	0,6%	89,3%
4.A.2. Tierras convertidas a tierras forestales	CO2_ABS	-844,5	11,9%	100,5	0,6%	89,8%
1.A.3. Transporte	N2O	568,6	17,1%	97,2	0,6%	90,4%

Tabla 10-4. Resultados categorías clave del inventario de GEI considerando LULUCF método 2 – tendencia (T2) (1990 y 2024)

Subcategoría IPCC	GEI	$E_{x,0}$ (Gg CO_2eq)	$E_{x,t}$ (Gg CO_2eq)	$T_{x,t}$	$U_{x,t}$ (%)	$TU_{x,t}$ (%)	Contribución a la tendencia (%)	Total acumulativo (%)
4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	CO2	76.487,8	51.875,1	0,187	3,0	56,41%	14,9%	14,9%
4.B.2. Tierras convertidas a tierras de cultivo	CO2	10.111,8	455,7	0,053	10,0	53,12%	14,1%	29,0%
1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	CO2	9.404,3	19.167,7	0,034	9,3	31,29%	8,3%	37,3%
1.A.1. Industrias de la energía	CO2	9.946,1	29.127,7	0,075	2,8	21,39%	5,7%	42,9%

Subcategoría IPCC	GEI	$E_{x,0}$ (Gg CO_2eq)	$E_{x,t}$ (Gg CO_2eq)	$T_{x,t}$	$U_{x,t}$ (%)	$TU_{x,t}$ (%)	Contribución a la tendencia (%)	Total acumulativo (%)
1.A.4. Otros sectores	CO2	4.226,1	9.263,6	0,018	10,4	18,85%	5,0%	47,9%
1.A.3. Transporte	CO2	19.152,4	35.176,4	0,052	2,9	15,12%	4,0%	51,9%
5.D.2. Tratamiento y eliminación aguas residuales industriales	CH4	2.975,9	8.474,8	0,021	6,9	14,79%	3,9%	55,8%
4.C.2. Tierras convertidas a pastizales	CO2	28.479,1	28.843,1	0,027	5,3	14,50%	3,8%	59,6%
5.A.1 Sitios gestionado de residuos sólidos	CH4	2.989,1	12.360,2	0,039	2,8	10,94%	2,9%	62,5%
3.A.1. Bovinos	CH4	31.230,8	44.757,0	0,028	3,7	10,32%	2,7%	65,3%
2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	HFC-125	0,0	1.714,3	0,008	12,6	9,61%	2,5%	67,8%
2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	HFC-134a	0,0	1.544,3	0,007	12,6	8,63%	2,3%	70,1%
2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	HFC-143a	0,0	1.308,0	0,006	14,6	8,51%	2,3%	72,3%
1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	CH4	3.439,5	5.884,6	0,007	9,9	7,30%	1,9%	74,3%
1.A.4. Otros sectores	CH4	1.493,7	1.265,0	0,003	26,8	6,81%	1,8%	76,1%
1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	N2O	112,8	558,3	0,002	35,4	6,60%	1,7%	77,8%
1.B.1. Combustibles sólidos	CH4	1.476,5	2.319,9	0,002	28,6	6,40%	1,7%	79,5%
3.D.1 Emisiones directas de N2O de suelos gestionados	N2O	3.092,9	4.853,4	0,005	13,0	6,06%	1,6%	81,1%
2.A.1. Producción de cemento	CO2	2.739,6	4.625,1	0,006	10,3	5,75%	1,5%	82,6%
4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	CO2	5.391,4	10.565,5	0,017	2,9	5,01%	1,3%	84,0%
4.C.1. Pastizales que permanecen como tales	CO2_ABS	0,0	-4.852,9	0,022	2,2	4,73%	1,3%	85,2%
4.A.2. Tierras convertidas a tierras forestales	CO2_ABS	-125,2	-844,5	0,003	11,9	3,65%	1,0%	86,2%
4.B.1. Tierras de cultivo que permanecen como tales	CO2_ABS	-4.658,3	-9.269,9	0,016	2,1	3,33%	0,9%	87,1%
3.B.4. Otro ganado	N2O	262,7	504,5	0,001	35,0	2,82%	0,7%	87,8%
4.E.2. Tierras convertidas a asentamientos	CO2	681,4	80,5	0,003	7,9	2,65%	0,7%	88,5%
4.A.1. Tierras forestales que permanecen como tales	CO2_ABS	-890,6	-5.120,6	0,018	1,4	2,48%	0,7%	89,2%
3.B.3. Porcinos	CH4	535,9	1.178,8	0,002	10,4	2,41%	0,6%	89,8%
4.G.1. Madera maciza	CO2	0,0	341,0	0,002	15,8	2,40%	0,6%	90,4%

Categorías clave en el inventario de GEI sin LULUCF

A continuación, se muestran los resultados de las subcategorías clave, excluyendo el sector de Silvicultura y el uso y cambio de uso de la tierra.

Tabla 10-5. Resultados categorías clave del inventario de GEI sin LULUCF método 1 – nivel (N1)

Subcategorías IPCC	GEI	Ex,t [kt CO_2eq]	|Ex,t| [kt CO_2eq]	Lx,t (%)	Total acumulativo (%)
3.A.1. Bovinos	CH4	44.757,0	44.757,0	22,3%	22,3%
1.A.3. Transporte	CO2	35.176,4	35.176,4	17,5%	39,8%
1.A.1. Industrias de la energía	CO2	29.127,7	29.127,7	14,5%	54,3%
1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	CO2	19.167,7	19.167,7	9,5%	63,8%
5.A.1 Sitios gestionado de residuos sólidos	CH4	12.360,2	12.360,2	6,1%	69,9%
1.A.4. Otros sectores	CO2	9.263,6	9.263,6	4,6%	74,6%
5.D.2. Tratamiento y eliminación aguas residuales industriales	CH4	8.474,8	8.474,8	4,2%	78,8%
1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	CH4	5.884,6	5.884,6	2,9%	81,7%
3.D.1 Emisiones directas de N2O de suelos gestionados	N2O	4.853,4	4.853,4	2,4%	84,1%
2.A.1. Producción de cemento	CO2	4.625,1	4.625,1	2,3%	86,4%
1.B.1. Combustibles sólidos	CH4	2.319,9	2.319,9	1,2%	87,6%

5.D.1.Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	CH4	2.313,1	2.313,1	1,2%	88,7%
3.A.4. Otro ganado	CH4	1.899,1	1.899,1	0,9%	89,7%
2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	HFC-125	1.714,3	1.714,3	0,9%	90,5%
2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	HFC-134a	1.544,3	1.544,3	0,8%	91,3%
2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	HFC-143a	1.308,0	1.308,0	0,7%	91,9%
1.A.4. Otros sectores	CH4	1.265,0	1.265,0	0,6%	92,6%
5.C.2. Incineración abierta de residuos	CO2	1.237,7	1.237,7	0,6%	93,2%
1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	CO2	1.227,7	1.227,7	0,6%	93,8%
3.B.3. Porcinos	CH4	1.178,8	1.178,8	0,6%	94,4%
3.D.2. Emisiones indirectas de N2O de suelos gestionados	N2O	1.168,6	1.168,6	0,6%	95,0%
5.D.1.Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	N2O	677,7	677,7	0,3%	95,3%

Tabla 10-6. Resultados categorías clave del inventario de GEI sin LULUCF método 1 – tendencia (T1)

Subcategoría IPCC	GEI	$E_{x,0}$ [kt CO_2eq]	$E_{x,t}$ [kt CO_2eq]	$T_{x,t}$	Contribución a la tendencia (%)	Total acumulativo (%)
1.A.1. Industrias de la energía	CO2	9.946,1	29.127,7	0,1	22,2%	22,2%
1.A.3. Transporte	CO2	19.152,4	35.176,4	0,0	15,3%	37,5%
5.A.1 Sitios gestionado de residuos sólidos	CH4	2.989,1	12.360,2	0,0	11,4%	48,9%
1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	CO2	9.404,3	19.167,7	0,0	10,0%	58,9%
3.A.1. Bovinos	CH4	31.230,8	44.757,0	0,0	8,4%	67,3%
5.D.2. Tratamiento y eliminación aguas residuales industriales	CH4	2.975,9	8.474,8	0,0	6,3%	73,6%
1.A.4. Otros sectores	CO2	4.226,1	9.263,6	0,0	5,3%	79,0%
2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	HFC-125	0,0	1.714,3	0,0	2,4%	81,4%
1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	CH4	3.439,5	5.884,6	0,0	2,2%	83,5%
2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	HFC-134a	0,0	1.544,3	0,0	2,1%	85,7%
2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	HFC-143a	0,0	1.308,0	0,0	1,8%	87,5%
2.A.1. Producción de cemento	CO2	2.739,6	4.625,1	0,0	1,7%	89,1%
3.D.1 Emisiones directas de N2O de suelos gestionados	N2O	3.092,9	4.853,4	0,0	1,4%	90,5%
1.A.4. Otros sectores	CH4	1.493,7	1.265,0	0,0	0,8%	91,3%
5.C.2. Incineración abierta de residuos	CO2	579,3	1.237,7	0,0	0,7%	92,0%
3.B.3. Porcinos	CH4	535,9	1.178,8	0,0	0,7%	92,6%
1.B.1. Combustibles sólidos	CH4	1.476,5	2.319,9	0,0	0,7%	93,3%
1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	N2O	112,8	558,3	0,0	0,6%	93,9%
5.D.1.Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	CH4	2.121,3	2.313,1	0,0	0,4%	94,2%
1.A.3. Transporte	N2O	226,0	568,6	0,0	0,4%	94,6%
5.D.1.Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	N2O	316,8	677,7	0,0	0,4%	95,0%

Tabla 10-7. Resultados categorías clave del inventario de GEI sin LULUCF método 2 – nivel (N2)

Subcategoría IPCC	GEI	Ex,t (Gg CO_2eq)	$U_{x,t}$ (%)	E*U	$L_{x,t}$ (%)	$LU_{x,t}$ (%)
1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	CO2	19.167,7	9,3	1.775,3	13,7%	13,7%
3.A.1. Bovinos	CH4	44.757,0	3,7	1.637,1	12,6%	26,3%
1.A.3. Transporte	CO2	35.176,4	2,9	1.029,5	7,9%	34,2%
1.A.4. Otros sectores	CO2	9.263,6	10,4	966,5	7,4%	41,7%
1.A.1. Industrias de la energía	CO2	29.127,7	2,8	829,7	6,4%	48,1%
1.B.1. Combustibles sólidos	CH4	2.319,9	28,6	662,8	5,1%	53,2%
3.D.1 Emisiones directas de N2O de suelos gestionados	N2O	4.853,4	13,0	630,1	4,9%	58,0%
5.D.2. Tratamiento y eliminación aguas residuales industriales	CH4	8.474,8	6,9	585,7	4,5%	62,5%
1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	CH4	5.884,6	9,9	584,0	4,5%	67,0%
2.A.1. Producción de cemento	CO2	4.625,1	10,3	476,7	3,7%	70,7%
5.A.1 Sitios gestionado de residuos sólidos	CH4	12.360,2	2,8	350,4	2,7%	73,4%
1.A.4. Otros sectores	CH4	1.265,0	26,8	339,0	2,6%	76,0%
3.D.2. Emisiones indirectas de N2O de suelos gestionados	N2O	1.168,6	20,8	243,4	1,9%	77,9%
2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	HFC-125	1.714,3	12,6	216,3	1,7%	79,6%
1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	N2O	558,3	35,4	197,5	1,5%	81,1%
2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	HFC-134a	1.544,3	12,6	194,2	1,5%	82,6%
2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	HFC-143a	1.308,0	14,6	191,5	1,5%	84,0%
3.B.4. Otro ganado	N2O	504,5	35,0	176,6	1,4%	85,4%
1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	CO2	1.227,7	13,8	169,8	1,3%	86,7%
3.C.1. Arroz riego	CH4	561,2	23,9	134,3	1,0%	87,7%
3.B.3. Porcinos	CH4	1.178,8	10,4	123,1	0,9%	88,7%
3.A.4. Otro ganado	CH4	1.899,1	6,4	122,1	0,9%	89,6%
1.A.3. Transporte	N2O	568,6	17,1	97,2	0,7%	90,4%

Tabla 10-8. Resultados categorías clave del inventario de GEI sin LULUCF método 2 – tendencia (T2)

Subcategoría IPCC	GEI	$E_{x,0}$ (Gg CO_2eq)	$E_{x,t}$ (Gg CO_2eq)	$T_{x,t}$	$U_{x,t}$ (%)	$TU_{x,t}$ (%)	Contribución a la tendencia (%)	Total acumulativo (%)
3.A.1. Bovinos	CH4	31.230,8	44.757,0	0,1433	3,7	52,4%	13,3%	13,3%
1.A.4. Otros sectores	CH4	1.493,7	1.265,0	0,0152	26,8	40,7%	10,3%	23,6%
1.A.1. Industrias de la energía	CO2	9.946,1	29.127,7	0,0961	2,8	27,4%	6,9%	30,6%
2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	HFC-125	0,0	1.714,3	0,0163	12,6	20,6%	5,2%	35,8%
2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	HFC-134a	0,0	1.544,3	0,0147	12,6	18,5%	4,7%	40,5%
5.D.2. Tratamiento y eliminación aguas residuales industriales	CH4	2.975,9	8.474,8	0,0265	6,9	18,3%	4,6%	45,2%
2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado	HFC-143a	0,0	1.308,0	0,0125	14,6	18,2%	4,6%	49,8%
5.A.1 Sitios gestionado de residuos sólidos	CH4	2.989,1	12.360,2	0,0632	2,8	17,9%	4,6%	54,3%
1.B.1. Combustibles sólidos	CH4	1.476,5	2.319,9	0,0048	28,6	13,8%	3,5%	57,8%
3.D.1 Emisiones directas de N2O de suelos gestionados	N2O	3.092,9	4.853,4	0,0102	13,0	13,2%	3,4%	61,2%
1.A.4. Otros sectores	CO2	4.226,1	9.263,6	0,0112	10,4	11,7%	3,0%	64,2%
1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	N2O	112,8	558,3	0,0033	35,4	11,5%	2,9%	67,1%
1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	CO2	1.069,3	1.227,7	0,0078	13,8	10,8%	2,7%	69,8%
3.D.2. Emisiones indirectas de N2O de suelos gestionados	N2O	885,8	1.168,6	0,0050	20,8	10,5%	2,7%	72,5%
1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	CO2	9.404,3	19.167,7	0,0111	9,3	10,3%	2,6%	75,1%
3.C.1. Arroz riego	CH4	520,5	561,2	0,0041	23,9	9,9%	2,5%	77,6%
2.C.1. Producción de hierro y acero	CO2	599,5	547,4	0,0057	14,7	8,4%	2,1%	79,7%
3.A.4. Otro ganado	CH4	1.634,0	1.899,1	0,0117	6,4	7,5%	1,9%	81,6%
5.D.1. Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	CH4	2.121,3	2.313,1	0,0167	4,0	6,7%	1,7%	83,3%

Subcategoría IPCC	GEI	$E_{x,0}$ (Gg CO_2eq)	$E_{x,t}$ (Gg CO_2eq)	$T_{x,t}$	$U_{x,t}$ (%)	$TU_{x,t}$ (%)	Contribución a la tendencia (%)	Total acumulativo (%)
1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones derivadas de la producción de energía	CH4	3.439,5	5.884,6	0,0067	9,9	6,6%	1,7%	85,0%
2.A.1. Producción de cemento	CO2	2.739,6	4.625,1	0,0059	10,3	6,1%	1,5%	86,6%
3.A.2. Ovinos	CH4	403,6	250,9	0,0050	11,9	5,9%	1,5%	88,1%
1.A.4. Otros sectores	N2O	189,5	184,2	0,0017	28,2	4,8%	1,2%	89,3%
1.A.3. Transporte	CO2	19.152,4	35.176,4	0,0142	2,9	4,2%	1,1%	90,4%

Categorías clave en el inventario de carbono negro y contaminantes criterio

A continuación se presentan los resultados del análisis de categorías clave para el inventario de carbono negro y contaminantes criterio por el método 1 por nivel y por tendencia.

Tabla 10-9. Resultados categorías clave del inventario de carbono negro y contaminantes criterio método 1 – nivel (N1) (2024)

Subcategoría IPCC	Contaminante	Ex,t [Mt]	|Ex,t| [Mt]	Lx,t (%)	Total acumulativo (%)
1.A.4.b.i. Estacionaria	CN	8,2	8,2	37,9%	37,9%
1.A.1.c.i. Manufactura de combustibles sólidos	CN	3,9	3,9	17,9%	55,8%
1.A.4.c.i. Estacionario	CN	2,3	2,3	10,5%	66,3%
1.A.3.b.iii.1. Buses	CN	1,9	1,9	8,8%	75,2%
3.F.4. Caña de azúcar	CN	1,0	1,0	4,4%	79,6%
1.A.2.g.vii. Vehículos todoterreno y otra maquinaria	CN	1,0	1,0	4,4%	84,0%
1.A.3.b.iv.1. Motos	COVDM	227,0	227,0	25,9%	25,9%
2.D.3.a.i. Uso de disolventes	COVDM	68,7	68,7	7,8%	33,7%
1.A.4.b.i. Estacionaria	COVDM	67,7	67,7	7,7%	41,4%
1.B.2.c.i.1. Petróleo	COVDM	54,9	54,9	6,3%	47,7%
1.B.1.a.ii. Minas de superficie	COVDM	43,4	43,4	5,0%	52,6%
1.B.2.c.i.2. Gas	COVDM	40,4	40,4	4,6%	57,3%
1.A.3.b.v.1. Emisiones por evaporación procedentes de vehículos	COVDM	34,3	34,3	3,9%	61,2%
1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco	COVDM	32,2	32,2	3,7%	64,8%
5.C.2.b.i. Residuos sólidos municipales	COVDM	31,2	31,2	3,6%	68,4%
2.B.8.b. Etileno	COVDM	29,1	29,1	3,3%	71,7%
2.D.3.a.iv.2. Desengrasantes	COVDM	22,1	22,1	2,5%	74,2%
2.D.3.a.iv.6. Otros usos de solventes y de productos	COVDM	20,8	20,8	2,4%	76,6%
1.A.3.b.i.1. Automóviles particulares, diplomáticos y oficiales	COVDM	19,5	19,5	2,2%	78,8%
2.H.2. Industria de alimentos y bebidas	COVDM	17,6	17,6	2,0%	80,8%
1.A.4.b.i. Estacionaria	PM10	85,1	85,1	43,6%	43,6%
1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco	PM10	16,8	16,8	8,6%	52,3%
1.A.1.c.i. Manufactura de combustibles sólidos	PM10	11,7	11,7	6,0%	58,2%
3.F.4. Caña de azúcar	PM10	11,0	11,0	5,6%	63,9%
1.A.4.c.i. Estacionario	PM10	7,9	7,9	4,0%	67,9%
3.D.1.g.i. Operaciones agrícolas	PM10	7,7	7,7	4,0%	71,9%
2.A.5.b. Construcción y demoliciones	PM10	6,8	6,8	3,5%	75,4%

Subcategoría IPCC	Contaminante	Ex,t [Mt]	|Ex,t| [Mt]	Lx,t (%)	Total acumulativo (%)
1.A.2.f. Minerales no metálicos	PM10	5,0	5,0	2,6%	77,9%
1.A.3.b.iv.1. Motos	PM10	4,4	4,4	2,3%	80,2%
1.A.4.b.i. Estacionaria	PM2.5	82,9	82,9	52,5%	52,5%
1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco	PM2.5	16,3	16,3	10,3%	62,8%
3.F.4. Caña de azúcar	PM2.5	10,4	10,4	6,6%	69,4%
1.A.1.c.i. Manufactura de combustibles sólidos	PM2.5	8,1	8,1	5,2%	74,5%
1.A.4.c.i. Estacionario	PM2.5	7,6	7,6	4,8%	79,4%
1.A.2.f. Minerales no metálicos	PM2.5	4,6	4,6	2,9%	82,3%
1.A.3.a.ii. Aviación doméstica (Crucero)	CO	832,0	832,0	25,7%	25,7%
1.A.3.b.iv.1. Motos	CO	546,5	546,5	16,9%	42,6%
1.A.4.b.i. Estacionaria	CO	456,9	456,9	14,1%	56,7%
1.A.3.a.i. Aviación doméstica (LTO)	CO	436,7	436,7	13,5%	70,2%
1.A.3.b.i.1. Automóviles particulares, diplomáticos y oficiales	CO	232,2	232,2	7,2%	77,4%
3.F.4. Caña de azúcar	CO	128,5	128,5	4,0%	81,4%
1.A.3.b.iii.1. Buses	NOx	87,1	87,1	21,0%	21,0%
1.A.2.g.vii. Vehículos todoterreno y otra maquinaria	NOx	40,4	40,4	9,7%	30,7%
1.A.1.a.i. Generación de electricidad	NOx	33,7	33,7	8,1%	38,8%
1.A.3.b.iii.3. Tractocamiones	NOx	30,7	30,7	7,4%	46,2%
1.A.3.b.iii.2. Camiones y volquetas	NOx	29,7	29,7	7,1%	53,4%
3.D.1.a. Fertilizantes N inorgánicos	NOx	20,4	20,4	4,9%	58,3%
1.A.3.b.i.1. Automóviles particulares, diplomáticos y oficiales	NOx	18,0	18,0	4,3%	62,6%
1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco	NOx	16,0	16,0	3,8%	66,5%
1.A.4.c.i. Estacionario	NOx	13,2	13,2	3,2%	69,6%
1.A.4.b.i. Estacionaria	NOx	10,3	10,3	2,5%	72,1%
1.A.2.f. Minerales no metálicos	NOx	9,8	9,8	2,4%	74,5%
1.A.3.b.iv.1. Motos	NOx	9,7	9,7	2,3%	76,8%
1.A.3.b.ii.1. Camionetas	NOx	8,8	8,8	2,1%	78,9%
1.A.3.d. Navegación doméstica	NOx	6,9	6,9	1,7%	80,6%
1.A.1.a.i. Generación de electricidad	SOx	316,2	316,2	70,6%	70,6%
1.A.2.f. Minerales no metálicos	SOx	37,5	37,5	8,4%	79,0%
1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco	SOx	19,8	19,8	4,4%	83,4%
3.B.3.a.i. Porcinos < 6 meses	NH3	56,9	56,9	44,4%	44,4%
3.B.4.h.v.2. Pollos de engorde	NH3	14,6	14,6	11,4%	55,8%
3.B.4.h.v.1. Ponedoras	NH3	9,0	9,0	7,0%	62,9%
3.B.3.a.ii. Porcinos > 6 meses	NH3	8,2	8,2	6,4%	69,3%
1.A.4.b.i. Estacionaria	NH3	6,8	6,8	5,3%	74,6%
1.A.3.b.iv.1. Motos	NH3	6,6	6,6	5,1%	79,8%
1.A.3.b.i.1. Automóviles particulares, diplomáticos y oficiales	NH3	5,3	5,3	4,2%	84,0%
2.H.1. Industria de pulpa y papel	SO2	1,0	1,0	31,9%	31,9%

Subcategoría IPCC	Contaminante	Ex,t [Mt]	|Ex,t| [Mt]	Lx,t (%)	Total acumulativo (%)
3.F.4. Caña de azúcar	SO2	1,0	1,0	30,4%	62,2%
1.A.3.d. Navegación doméstica	SO2	0,2	0,2	6,4%	68,6%
1.A.3.b.iii.2. Camiones y volquetas	SO2	0,2	0,2	6,1%	74,7%
1.A.3.b.iii.1. Buses	SO2	0,2	0,2	5,8%	80,4%

Tabla 10-10. Resultados categorías clave del inventario de carbono negro y contaminantes criterio método 1 – tendencial (T1) (1990 y 2024)

Subcategoría IPCC	GEI	$E_{x,0}$ [kt]	$E_{x,t}$ [kt]	$T_{x,t}$	Contribución a la tendencia (%)	Total acumulativo (%)
1.A.4.b.i. Estacionaria	CN	11,0	8,2	0,5	47,0%	47,0%
1.A.1.c.i. Manufactura de combustibles sólidos	CN	0,6	3,9	0,2	19,8%	66,8%
1.A.3.b.iii.1. Buses	CN	0,4	1,9	0,1	8,9%	75,7%
1.A.2.g.vii. Vehículos todoterreno y otra maquinaria	CN	0,1	1,0	0,1	5,6%	81,3%
1.A.3.b.iv.1. Motos	COVDM	19,4	227,0	0,5	26,6%	26,6%
1.A.4.b.i. Estacionaria	COVDM	90,6	67,7	0,4	22,9%	49,5%
2.H.2. Industria de alimentos y bebidas	COVDM	28,8	17,6	0,1	7,9%	57,4%
2.D.3.a.i. Uso de disolventes	COVDM	14,0	68,7	0,1	5,1%	62,5%
2.B.8.b. Etileno	COVDM	0,0	29,1	0,1	4,3%	66,8%
1.A.3.d. Navegación doméstica	COVDM	11,9	1,5	0,1	4,1%	70,9%
1.A.3.b.v.1. Emisiones por evaporación procedentes de vehículos	COVDM	4,0	34,3	0,1	3,6%	74,6%
1.B.2.c.i.1. Petróleo	COVDM	31,2	54,9	0,1	3,2%	77,8%
2.D.3.a.iv.2. Desengrasantes	COVDM	0,8	22,1	0,1	3,0%	80,7%
1.A.4.b.i. Estacionaria	PM10	113,7	85,1	0,3	46,9%	46,9%
1.A.1.c.i. Manufactura de combustibles sólidos	PM10	1,8	11,7	0,1	9,3%	56,3%
1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco	PM10	8,6	16,8	0,0	6,6%	62,9%
1.A.3.b.iv.1. Motos	PM10	0,4	4,4	0,0	3,8%	66,7%
2.A.5.b. Construcción y demoliciones	PM10	2,6	6,8	0,0	3,7%	70,3%
1.A.3.b.iii.1. Buses	PM10	0,8	3,8	0,0	2,8%	73,1%
3.F.4. Caña de azúcar	PM10	7,1	11,0	0,0	2,6%	75,8%
1.A.4.c.i. Estacionario	PM10	4,6	7,9	0,0	2,4%	78,2%
1.A.2.g.vii. Vehículos todoterreno y otra maquinaria	PM10	0,2	2,2	0,0	2,0%	80,1%
1.A.4.b.i. Estacionaria	PM2.5	110,7	82,9	0,3	48,0%	48,0%
1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco	PM2.5	8,3	16,3	0,0	9,5%	57,5%
1.A.1.c.i. Manufactura de combustibles sólidos	PM2.5	1,3	8,1	0,0	8,9%	66,4%
1.A.3.b.iv.1. Motos	PM2.5	0,4	4,4	0,0	5,2%	71,5%
3.F.4. Caña de azúcar	PM2.5	6,7	10,4	0,0	4,1%	75,7%
1.A.3.b.iii.1. Buses	PM2.5	0,8	3,8	0,0	3,9%	79,6%
1.A.4.c.i. Estacionario	PM2.5	4,5	7,6	0,0	3,6%	83,2%
1.A.4.b.i. Estacionaria	CO	613,2	456,9	0,5	38,5%	38,5%
1.A.3.b.iv.1. Motos	CO	34,9	546,5	0,3	24,4%	62,9%

Subcategoría IPCC	GEI	$E_{x,0}$ [kt]	$E_{x,t}$ [kt]	$T_{x,t}$	Contribución a la tendencia (%)	Total acumulativo (%)
1.A.3.a.i. Aviación doméstica (LTO)	CO	104,1	436,7	0,1	11,8%	74,7%
1.A.3.a.ii. Aviación doméstica (Crucero)	CO	321,8	832,0	0,1	10,1%	84,8%
1.A.3.b.iii.1. Buses	NOx	18,3	87,1	0,2	17,7%	17,7%
1.A.2.g.vii. Vehículos todoterreno y otra maquinaria	NOx	3,5	40,4	0,2	13,4%	31,1%
3.D.1.c. Orina y estiércol depositado por animales en pastoreo	NOx	7,0	0,0	0,1	7,3%	38,4%
1.A.4.b.i. Estacionaria	NOx	9,7	10,3	0,1	5,8%	44,2%
1.A.2.f. Minerales no metálicos	NOx	9,1	9,8	0,1	5,3%	49,5%
1.A.3.d. Navegación doméstica	NOx	7,9	6,9	0,1	5,3%	54,8%
1.A.2.e. Procesado de alimentos, bebidas y tabaco	NOx	10,8	16,0	0,1	4,5%	59,4%
3.D.1.a. Fertilizantes N inorgánicos	NOx	12,5	20,4	0,1	4,4%	63,8%
1.A.3.b.iii.3. Tractocamiones	NOx	8,6	30,7	0,1	4,0%	67,8%
1.A.3.b.iv.1. Motos	NOx	0,1	9,7	0,1	3,9%	71,7%
1.A.1.a.i. Generación de electricidad	NOx	11,2	33,7	0,0	2,5%	74,2%
1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta	NOx	3,7	4,4	0,0	2,0%	76,2%
1.A.4.c.i. Estacionario	NOx	7,2	13,2	0,0	2,0%	78,2%
1.A.3.b.iii.2. Camiones y volquetas	NOx	10,3	29,7	0,0	1,8%	80,0%
1.A.2.a. Hierro y acero	NOx	2,6	2,1	0,0	1,8%	81,8%
1.A.1.a.i. Generación de electricidad	SOx	83,6	316,2	0,5	41,6%	41,6%
1.A.2.f. Minerales no metálicos	SOx	23,3	37,5	0,2	15,8%	57,5%
1.A.4.b.i. Estacionaria	SOx	8,7	5,1	0,1	10,7%	68,2%
1.A.2.d. Pulpa, papel e imprenta	SOx	11,0	16,3	0,1	8,2%	76,4%
1.A.2.g.vi. Textiles y cueros	SOx	4,7	4,4	0,1	4,9%	81,3%
1.A.4.b.i. Estacionaria	NH3	10,3	6,8	0,2	17,3%	17,3%
3.B.3.a.i. Porcinos < 6 meses	NH3	25,1	56,9	0,2	17,0%	34,3%
3.B.4.h.v.2. Pollos de engorde	NH3	3,1	14,6	0,1	13,2%	47,5%
1.A.3.b.i.1. Automóviles particulares, diplomáticos y oficiales	NH3	6,0	5,3	0,1	8,2%	55,7%
3.B.4.h.v.1. Ponedoras	NH3	2,0	9,0	0,1	7,9%	63,6%
3.B.4.e. Caballos	NH3	3,5	1,7	0,1	6,9%	70,5%
3.B.3.a.ii. Porcinos > 6 meses	NH3	2,3	8,2	0,1	6,0%	76,5%
1.A.3.b.iv.1. Motos	NH3	1,5	6,6	0,1	5,8%	82,2%
3.F.4. Caña de azúcar	SO2	0,6	1,0	0,1	19,7%	19,7%
1.A.3.b.i.1. Automóviles particulares, diplomáticos y oficiales	SO2	0,3	0,0	0,1	14,7%	34,4%
1.A.3.c. Ferrocarriles	SO2	0,2	0,0	0,1	9,9%	44,3%
1.A.3.b.iii.1. Buses	SO2	0,0	0,2	0,0	7,6%	51,8%
1.A.2.g.vii. Vehículos todoterreno y otra maquinaria	SO2	0,0	0,1	0,0	6,9%	58,8%
1.A.3.b.iii.3. Tractocamiones	SO2	0,0	0,1	0,0	6,6%	65,3%
1.A.3.b.i.2. Automóviles servicio público	SO2	0,1	0,0	0,0	6,5%	71,9%
2.H.1. Industria de pulpa y papel	SO2	1,1	1,0	0,0	5,1%	77,0%
1.A.3.b.i.3. Camperos	SO2	0,1	0,0	0,0	4,1%	81,1%

Es importante resaltar que las emisiones de 4. LULUCF para el inventario de carbono negro y contaminantes criterio son informativas, acorde a lo descrito en la Guía EMEP/EEEA.

Anexo 1.6. Evaluación de incertidumbre

La propagación de error es una técnica estadística basada en la combinación analítica de las incertidumbres de los diferentes parámetros que intervienen en las ecuaciones de cálculo de emisiones. Este se aplica para las estimaciones de los 5 sectores del inventario de emisiones y absorciones de GEI. Además, la agregación de la incertidumbre de las subcategorías, sectores y del INGEI se lleva a cabo exclusivamente utilizando este mismo método.

Los valores de incertidumbre acompañan a cada dato de actividad y factor de emisión según su fuente respectiva. En caso de no estar disponibles, se recurre al juicio de expertos. La incertidumbre de los factores de emisión por defecto se basa en las recomendaciones del IPCC 2006 o su refinamiento al 2019. Para los factores de emisión propios, los valores de incertidumbre provienen de la fuente respectiva de cada factor de emisión, y en algunos casos, se obtienen mediante el juicio de expertos.

El proceso general para estimar la incertidumbre de las emisiones y absorciones de GEI nacionales consiste en:

1. En la fase de acopio de información (Recolección de datos de actividad y factores de emisión), incluir la solicitud de los valores de incertidumbre asociados.

   Si un dato de actividad o factor de emisión no cuenta con su incertidumbre asociada, se puede estimar con base en la metodología de juicio de experto.

   Dependiendo del tipo de incertidumbre y su distribución, realizar los ajustes pertinentes.
2. Ejecutar el método de propagación de error para estimar la incertidumbre de cada emisión por contaminante y subcategoría.
3. Realizar la identificación de la incertidumbre a nivel de categorías, sectores y a nivel nacional, haciendo uso del método de propagación de error.
4. Realizar otras estimaciones como el análisis de la incertidumbre de la tendencia para el año actual y el análisis de sensibilidad.

- **Metodología para la estimación de incertidumbre por propagación de error.**

El método de propagación de error se basa en la idea de que la incertidumbre asociada con los datos de actividad y los factores de emisión se propaga a través de todo el inventario. Las ecuaciones del Cuadro 6 y Cuadro 7 se utilizan para aplicar este método, permitiendo calcular la incertidumbre desde una categoría específica del inventario hasta la incertidumbre de cada sector o de todo el inventario.

La ecuación del Cuadro 6 se utiliza para determinar la incertidumbre de una multiplicación de variables, mientras que la ecuación del Cuadro 7 se aplica cuando se suman o restan variables.

En general, la ecuación del Cuadro 6 se usa para estimar la incertidumbre de subcategorías, mientras que la ecuación del Cuadro 7 se emplea para calcular las incertidumbres de categorías, sectores o de todo el inventario.

Combinación de incertidumbres – método 1 - multiplicación
Ecuación 3.2A, IPCC – 2019, volumen 1, capítulo 3. $$U_{emision} = \sqrt{U_{DA}^2 + U_{FE}^2}$$ Donde: $U_{emisión}$ = Incertidumbre de la emisión expresado en porcentaje. U_{AD}^2 = Incertidumbre asociada al dato de actividad expresado en porcentaje U_{FE}^2 = Incertidumbre asociada al factor de emisión expresado en porcentaje

Cuadro 6. Cálculo de la incertidumbre de una emisión.

Combinación de incertidumbres – método 1 – suma y resta
Ecuación 3.2, IPCC – 2019, volumen 1, capitulo 3.

$$U_{Total} = \frac{\sqrt{(U_1 * x_1)^2 + .. + (U_i * x_i)^2 + .. + (U_n * x_n)^2}}{|x_1 + .. + x_i + .. + x_n|}$$

Donde:

U_{total} = Incertidumbre total expresada en porcentaje.

U_n = Incertidumbre de la emisión (n) expresada en porcentaje

X_n = Emisión positiva o negativa asociada a la incertidumbre U_n

Cuadro 7. Cálculo de la incertidumbre total de una categoría, sector IPCC o inventario

Dada la extensión del inventario y la simplificación del método, se determinan las siguientes consideraciones para ajustar los valores de incertidumbre suministrados por la fuente o determinados por el concepto de experto:

- Utilizar distribución normal cuando el dato de entrada posee incertidumbre simétrica. Para ello, se debe tomar el valor en absoluto y dividirlo en 2 para luego aplicar el método de propagación de error.
- Utilizar distribución normal cuando el valor de incertidumbre del dato de entrada se encuentra entre -0.5 y +0.5 (+/- 50 %) y es asimétrica, independiente del tipo de dato. En este caso se debe tomar el mayor valor en absoluto entre la incertidumbre superior e inferior y dividirlo en 2, para luego aplicar propagación de error.
- Si el valor de incertidumbre esta por fuera del rango anterior y es asimétrica, aplique la función de distribución log normal.

- **Tendencia de la incertidumbre:**

El cálculo de incertidumbre mediante la propagación de error también implica evaluar el comportamiento de las emisiones a lo largo del periodo de estudio. Para este informe, se define el año base como 1990 y el año de estudio como 2024. El método de propagación de error para la evaluación de la tendencia de error asume, por defecto, que los factores de emisión tenderán a mostrar autocorrelación a través de los años, mientras que los datos de actividad no lo harán. Sobre este supuesto se realizaron los cálculos de incertidumbre de la tendencia, ya que no se comprobó la presencia o ausencia de estas correlaciones. Las ecuaciones a continuación ya contemplan el supuesto antes mencionado. A continuación, se presentan todas las ecuaciones necesarias para la aplicación del Método 1 a la incertidumbre de la tendencia:

Tendencia de la incertidumbre

Ecuación 3.2c, IPCC – 2019, volumen 1, capitulo 3.

$$U_T = \sqrt{\sum_i \left(U_{Te,i}^2 + U_{Ta,i}^2\right)}$$

Donde:

U_t = Incertidumbre en la tendencia de las emisiones totales.

$U_{Te,i}$ = Incertidumbre de tendencia introducida por la incertidumbre asociada con el factor de emisión de cada categoría para el gas i.

$U_{ta,i}$ = Incertidumbre de tendencia introducida por la incertidumbre asociada con los datos de actividad de cada categoría para el gas i.

Cuadro 8. Tendencia de la incertidumbre

Cálculo de la sensibilidad tipo A

Ecuación 3.2d, IPCC – 2019, volumen 1, capitulo 3.

$$A_X = \left| \frac{0{,}01 * E_{i,t} + \sum_i E_{i,t} - \left(0{,}01 * E_{x,BY} + \sum_i E_{i,BY}\right)}{\left(0{,}01 * E_{x,BY} + \sum_i E_{i,BY}\right)} * 100 - \frac{\sum_i E_{i,t} - \sum_i E_{i,BY}}{\sum_i E_{i,BY}} * 100 \right|$$

Donde:

A_x = Sensibilidad A para la categoría y gas *x*.

$E_{i,t}$ = Emisiones/remociones por categoría/gas *i* en el año *t*.

$E_{i,BY}$ = Emisiones/remociones por categoría/gas *i* en el año base.

Cuadro 9. Cálculo de la sensibilidad tipo A

Cálculo de la sensibilidad tipo B

Ecuación 3.2e, IPCC – 2019, volumen 1, capitulo 3.

$$B_X = \left| \frac{100 * 0{,}01 * E_{x,t}}{\sum_i E_{i,BY}} \right|$$

Donde:

B_x = Sensibilidad B para la categoría/gas *x*.

$E_{x,t}$ = Emisiones/remociones por categoría/gas *x* en el año *t*.

$E_{i,BY}$ = Emisiones/remociones por categoría/gas *i* en el año base.

Cuadro 10. Cálculo de la sensibilidad tipo B

Incertidumbre en la tendencia debida al factor de emisión

Ecuación 3.2f, IPCC – 2019, volumen 1, capitulo 3.

$$U_{te,i} = A_i * U_{FE,i}$$

Donde:

$U_{te,i}$ = Incertidumbre de tendencia introducida por la incertidumbre asociada con el factor de emisión de cada categoría para el gas *i*.

A_i = Sensibilidad A para la categoría y gas *i*.

$U_{FE,i}$ = Incertidumbre del factor de emisión para la categoría/gas *i*.

Cuadro 11. Incertidumbre en la tendencia debida al factor de emisión

Incertidumbre en la tendencia debida al dato de actividad

Ecuación 3.2g, IPCC – 2019, volumen 1, capitulo 3.

$$U_{Ta,i} = B_i * U_{DA,i} * \sqrt{2}$$

Donde:

$U_{ta,i}$ = Incertidumbre de tendencia introducida por la incertidumbre asociada con los datos de actividad de cada categoría para el gas i.

B_i = Sensibilidad B para la categoría/gas i.

$U_{DA,i}$ = Incertidumbre de actividad para la categoría/gas i.

Consideraciones para la estimación de la incertidumbre mediante juicio experto.

Generalmente, los datos de actividad no reportan valores de incertidumbre, para lidiar con esta ausencia de información, fue usada la metodología cualitativa-cuantitativa desarrollada para BTR1. A través de esta

metodología, se establece una escala para la asignación de valores de incertidumbre según la opinión de expertos de cada sector.

La Tabla 10-11 muestra los rangos de los valores que pueden ser asignados, los cuales se asumen simétricos, es decir, tienen una distribución normal, Cada experto debió considerar la metodología de levantamiento de la información, la comparabilidad con fuentes similares, la calidad de la información, los supuestos realizados para el levantamiento de la información, entre otros criterios para poder asignar un valor de incertidumbre relativa.

Tabla 10-11. Propuesta de incertidumbre asociada a niveles cualitativos de error para las actividades que no reportan error cuantitativo. Fuente: NIR BUR3 Colombia

Nivel de incertidumbre	Incertidumbre relativa
Muy baja (IMB)	<10%
Baja (IB)	25%
Media (IM)	50%
Alta (IA)	75%
Muy alta (IMA)	>100%

De forma complementaria en algunos casos en donde fuera difícil para el experto considerar una incertidumbre, se aplicó un enfoque de matriz genealógica para calcular sus incertidumbres definido por GHG Protocol (Greenhouse Gas Protocol, 2022), una vez que se han determinado los valores de incertidumbre de los parámetros con este enfoque, los valores se pueden propagar utilizando técnicas de combinación de incertidumbres.

En el enfoque de matriz genealógica, los resultados de la evaluación de la calidad de los datos cualitativos se utilizan para relacionar los indicadores de calidad de los datos con los rangos de incertidumbre para parámetros individuales. Los resultados de la evaluación de la calidad de los datos de la actividad y los factores de emisión deben asignarse por separado; se realizan operaciones conjuntas en la sección de incertidumbre de los parámetros de propagación.

En la matriz genealógica se asigna un factor de incertidumbre a cada uno de los cinco indicadores de calidad de los datos y cuatro criterios de calidad de los datos (muy buena, buena, justa y pobre), (estandarizar el concepto experto). Los factores de incertidumbre se utilizan para calcular la desviación estándar geométrica (σg) que es el valor numérico cuyas unidades son las de los valores observados; mide la tendencia de los datos a la dispersión. Estos factores de incertidumbre, que se muestran en la Tabla 10-12, se basan en última instancia en el juicio de expertos o dictamen de expertos. **Fuente especificada no válida.**.

Tabla 10-12. Matriz genealógica sugerida para determinar factores de escala de incertidumbre basados en calificaciones de calidad de datos. (GHG, 2022)

Puntuación del indicador	Muy Buena	Buena	Justa	Pobre
Precisión	1.00	1.10	1.20	1.50
Completitud	1.00	1.05	1.10	1.20
Representatividad temporal	1.00	1.10	1.20	1.50
Representatividad geográfica	1.00	1.02	1.05	1.10
Representatividad tecnológica	1.00	1.20	1.50	2.00

Tomado de: (Greenhouse Gas Protocol, 2022)

Tablas de reporte común-CRT

Las tablas de reporte común para la serie de tiempo 1990-2024 se encuentran reportadas en la página de la CMNUCC https://unfccc.int/second-biennial-transparency-reports.

10.2 Otra información adicional

Energía

Anexo 3.1. Emisiones fugitivas del sector energía (CRT 1.B)

El presente anexo describe los aspectos metodológicos asociados al desarrollo y aplicación de los factores de emisión nacionales utilizados para estimar las emisiones fugitivas reportadas en la categoría CRT 1.B. Asimismo, se presentan elementos de comparación con factores de emisión por defecto de las Guías del IPCC y con otras fuentes secundarias disponibles, con el fin de contextualizar los resultados obtenidos y evaluar la consistencia de las estimaciones nacionales.

1.B.1 Combustibles sólidos

De acuerdo con las Guías del IPCC, las emisiones fugitivas asociadas a la minería y manejo del carbón se originan principalmente por la liberación de gases contenidos en los mantos de carbón y en los estratos geológicos circundantes. Durante el proceso de formación del carbón se puede generar metano y, en algunos casos,

dióxido de carbono, los cuales permanecen atrapados hasta que el carbón es expuesto, fracturado o removido durante las actividades mineras.

Las principales fuentes de emisión consideradas para la minería de carbón corresponden a las emisiones generadas durante la extracción y las emisiones posteriores a la minería. Las emisiones durante la extracción se producen por la liberación de gas al momento de romper el carbón y los estratos asociados. Por su parte, las emisiones post-minería ocurren durante el manejo, procesamiento, almacenamiento y transporte del carbón, dado que una fracción del gas contenido en el material extraído continúa liberándose después de la explotación.

En minas subterráneas activas, una fuente importante de emisiones corresponde al aire de ventilación, el cual permite mantener condiciones seguras de operación, pero también transporta hacia la atmósfera el metano liberado en los frentes de explotación. Adicionalmente, algunas minas pueden contar con sistemas de desgasificación, mediante los cuales se extrae gas de los mantos de carbón antes, durante o después de la actividad minera. Dependiendo de su manejo posterior, este gas puede ser liberado a la atmósfera, aprovechado energéticamente o contabilizado de acuerdo con el tratamiento metodológico correspondiente.

En el contexto nacional, una parte relevante de la producción de carbón subterráneo se concentra en departamentos como Boyacá y Cundinamarca. Como se explicará más adelante, la metodología desarrollada permite estimar las emisiones de metano asociadas a las actividades de minería y post-minería mediante factores de emisión específicos para cada departamento con producción de carbón subterráneo. Esta diferenciación permite incorporar, en la medida de la información disponible, la variabilidad de las condiciones geológicas entre las distintas zonas productoras, las cuales pueden influir en el contenido de metano de las formaciones carboníferas.

Para las minas a cielo abierto, las emisiones fugitivas se generan por la liberación de metano y dióxido de carbono contenidos en los mantos intervenidos y en los estratos circundantes. Históricamente, la mayor parte de la producción nacional de carbón se ha desarrollado mediante este tipo de minería, con una concentración importante en los departamentos de La Guajira y Cesar. De manera similar a lo aplicado para la minería subterránea, la metodología nacional permite estimar las emisiones asociadas a las actividades de minería y post-minería a partir de factores de emisión específicos para cada uno de estos departamentos productores.

En minas subterráneas abandonadas, las emisiones de metano pueden continuar después del cierre de la operación, especialmente cuando existen vías naturales o artificiales que permiten la migración del gas hacia la superficie. No obstante, estas emisiones tienden a disminuir con el tiempo y pueden verse reducidas significativamente cuando las minas se inundan total o parcialmente. En el caso de minas completamente inundadas, las emisiones pueden considerarse despreciables de acuerdo con el tratamiento metodológico señalado por el IPCC. Para el caso colombiano, estas emisiones no fueron estimadas en el presente inventario debido a las limitaciones de información disponibles para identificar, caracterizar y cuantificar de manera consistente las minas abandonadas en el territorio nacional. Esta condición constituye un aspecto potencial de mejora metodológica, sujeto a la disponibilidad futura de información sectorial que permita evaluar la pertinencia de su inclusión.

En el caso colombiano, la extracción de carbón ha constituido históricamente una actividad relevante dentro del sector energético y exportador del país. Aunque en los años recientes la actividad carbonífera ha presentado variaciones y, en algunos periodos, reducciones en los niveles de producción, el carbón ha mantenido una importancia significativa dentro de las actividades extractivas nacionales. Por esta razón, y considerando las circunstancias nacionales y las capacidades técnicas disponibles, Colombia ha desarrollado factores de emisión propios para estimar las emisiones de metano asociadas a la minería y post-minería de carbón, diferenciando entre minería superficial y minería subterránea.

Estos factores de emisión nacionales permiten mejorar la representación de las condiciones de la actividad minera en el país, en comparación con el uso exclusivo de factores por defecto. En las secciones siguientes se describe el procedimiento metodológico utilizado para su desarrollo, las fuentes de información empleadas, las categorías de actividad consideradas y la forma en que estos factores son aplicados dentro de la estimación de las emisiones fugitivas de combustibles sólidos.

Construcción factores de emisión nacionales[7] [8]

El desarrollo de factores de emisión nacionales para la minería de carbón parte del reconocimiento de que las emisiones fugitivas de metano no dependen únicamente de la cantidad de carbón extraído, sino también del contenido de gas presente en los mantos explotados y de las condiciones geológicas y operativas de cada zona productora. En este sentido, Colombia desarrolló una metodología orientada a incorporar información nacional

7 https://docs.upme.gov.co/SIMEC/simco/Cifras-Sectoriales/EstudiosPublicaciones/Informe_factores_emision_carbon_21_09_2016.pdf

8 https://librosaccesoabierto.uptc.edu.co/index.php/editorial-uptc/catalog/view/70/96/3431

sobre el contenido de gas metano en carbones colombianos, con el fin de estimar las emisiones fugitivas de manera más representativa de las circunstancias del país.

La metodología utilizó información obtenida mediante mediciones de desorción en muestras de carbón tomadas en diferentes cuencas carboníferas. A partir de esta información se construyeron factores de emisión diferenciados por zona productora y tipo de minería, considerando la variabilidad existente entre departamentos, profundidades de explotación, características geológicas y métodos de extracción. De esta manera, la estimación nacional incorpora no solo el volumen de carbón producido, sino también las condiciones particulares que influyen en la generación, almacenamiento y liberación del metano asociado al carbón.

En términos metodológicos, el procedimiento consistió en relacionar el contenido de metano observado en muestras de carbón con la profundidad y la ubicación de las cuencas productoras. Posteriormente, estos valores fueron ajustados para estimar la fracción de gas que puede liberarse durante la minería y el manejo posterior del carbón. Finalmente, los factores obtenidos fueron aplicados a la producción departamental de carbón para estimar las emisiones fugitivas de metano correspondientes a la extracción y post-minería.

La estimación nacional se construyó a partir del análisis de información medida en cuencas carboníferas colombianas. Para ello se emplearon datos provenientes de perforaciones corazonadas realizadas en zonas con información disponible, incluyendo Cundinamarca, Boyacá, Antioquia, La Guajira y Cesar. Estas perforaciones fueron desarrolladas en el marco de estudios y proyectos de exploración de gas asociado al carbón adelantados por Ecopetrol, la Agencia Nacional de Hidrocarburos, la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, la Universidad EAFIT y el Servicio Geológico Colombiano.

A partir de las perforaciones se obtuvieron muestras de carbón de diferentes mantos y profundidades. Estas muestras fueron analizadas mediante pruebas de desorción en equipos tipo cánister, siguiendo procedimientos metodológicos empleados para determinar el contenido de gas asociado al carbón. Las mediciones permitieron establecer la cantidad de metano contenida en las muestras, expresada inicialmente en pies cúbicos por tonelada y posteriormente convertida a metros cúbicos por tonelada. Esta información constituyó la base para aproximar el contenido de gas metano de los mantos de carbón en las distintas zonas productoras del país.

Una vez recopilados los datos de contenido de gas y profundidad, se elaboraron relaciones entre ambas variables para cada zona carbonífera con información disponible. Para ello, los datos medidos fueron organizados por profundidad y se construyeron diagramas de dispersión que permitieron analizar la relación entre la profundidad del manto y el contenido de gas metano. A partir de estas relaciones se establecieron tendencias para representar el comportamiento del contenido de gas en cada cuenca o departamento con información suficiente.

Este procedimiento permitió obtener contenidos promedio de gas metano asociados a las profundidades características de explotación en las principales zonas carboníferas del país. La diferenciación por cuenca o departamento permitió incorporar las particularidades geológicas de cada zona productora, teniendo en cuenta que el contenido de gas puede variar en función de la profundidad, el rango del carbón, la historia geológica de la cuenca, el grado de fracturamiento, las condiciones de presión y la posible pérdida de gas a través de estructuras geológicas.

La metodología diferenció entre minería subterránea y minería a cielo abierto. En el caso de la minería subterránea, además del contenido de gas medido en los mantos de carbón, se consideró que los estratos circundantes también pueden liberar metano durante la explotación. Para incorporar este componente, el factor de emisión se construyó adicionando al contenido promedio de gas medido en el carbón un componente asociado a las rocas circundantes. Este ajuste se basó en el supuesto de que la explotación minera afecta un volumen de roca alrededor del manto, incluyendo zonas por encima y por debajo de este, las cuales pueden contribuir a la liberación de metano durante las actividades de extracción. Adicionalmente, la metodología consideró el gas residual. Este corresponde a la fracción de gas que permanece retenida en la matriz del carbón y que no se libera durante la extracción ni durante las etapas inmediatas de manejo del carbón. En consecuencia, el gas residual fue descontado del contenido total de gas considerado para la estimación del factor de emisión, de manera que el factor resultante representara la fracción de metano que puede liberarse efectivamente durante la actividad minera y la post-minería.

De esta manera, para la minería subterránea, el factor de emisión nacional se obtuvo a partir de tres componentes principales: el contenido promedio de gas metano medido en los mantos de carbón, el ajuste por el gas potencialmente liberado desde los estratos circundantes y el descuento del gas residual. Conceptualmente, el factor de emisión representa el volumen de metano liberable por unidad de carbón producido, expresado en metros cúbicos de metano por tonelada de carbón.

Para la minería a cielo abierto, la metodología aplicó un tratamiento diferenciado, teniendo en cuenta que este tipo de explotación interviene mantos menos profundos y presenta condiciones operativas distintas a las de la minería subterránea. En este caso, los factores de emisión fueron determinados con base en el contenido de gas medido o asignado a las zonas donde predomina este tipo de minería, particularmente La Guajira y Cesar, departamentos que concentran históricamente una proporción mayoritaria de la producción nacional de carbón a cielo abierto.

En las zonas carboníferas para las cuales no se contaba con mediciones directas de contenido de gas, se aplicó un procedimiento de asignación por analogía. Este consistió en tomar como referencia los valores de cuencas cercanas o con características geológicas y de calidad del carbón similares. Así, los departamentos sin información medida fueron asociados a cuencas con información disponible, procurando mantener coherencia geológica y minera en la asignación de los factores de emisión.

Una vez definidos los factores de emisión por cuenca o zona carbonífera, estos fueron aplicados a la serie histórica 1990–2024 utilizando como dato de actividad la producción departamental de carbón. Para la asignación de los factores de emisión se asumió que la producción reportada en cada departamento corresponde predominantemente a un único tipo de minería, de acuerdo con las características productivas de la zona carbonífera asociada.

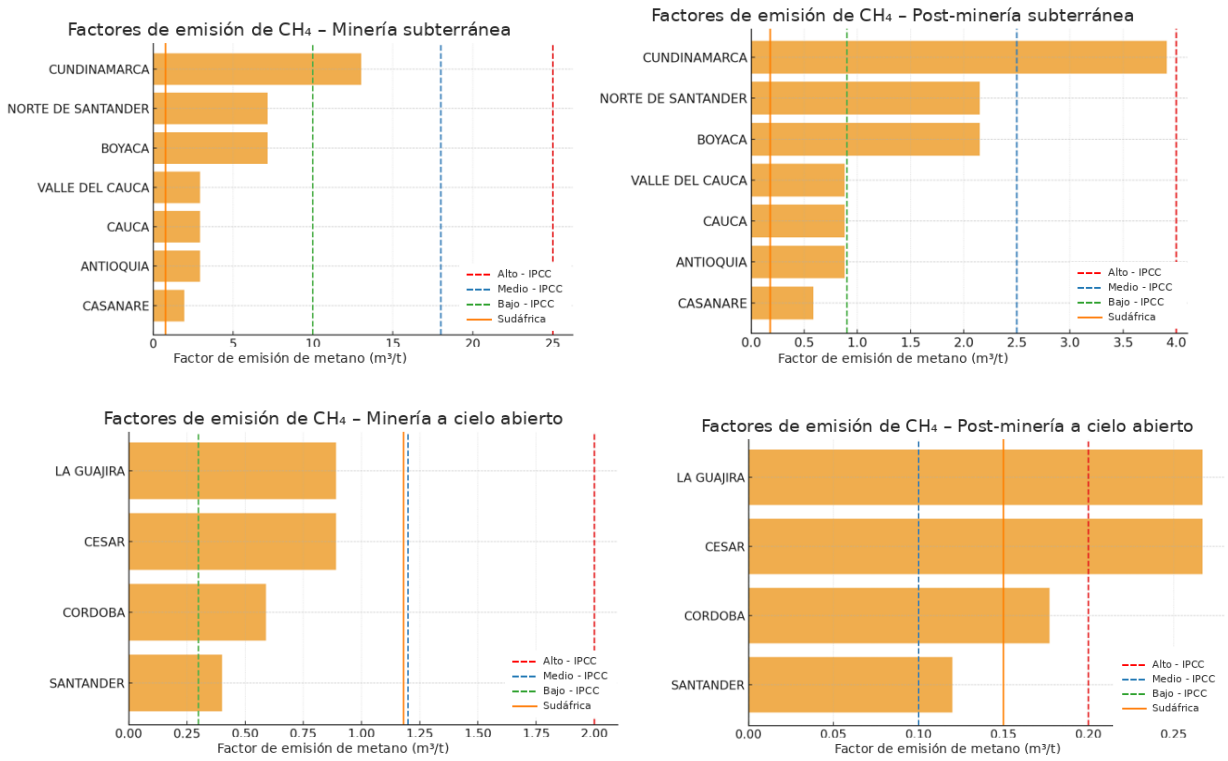


Figura 10-1. Factores de emisión para metano en minería

Fuente: Elaboración propia.

1.B.2 Petróleo y gas natural

Esta sección describe el procedimiento utilizado para la construcción de factores de emisión nacionales asociados a las emisiones fugitivas del segmento upstream del sector de hidrocarburos en Colombia. En particular, se consideran los factores desarrollados para estimar emisiones por fugas y emisiones derivadas de la quema en antorcha, para los segmentos de producción de petróleo, producción de gas natural y procesamiento de gas natural. Los factores fueron construidos a partir de la información recolectada por la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) para las facilidades de producción y procesamiento de hidrocarburos del país.

Para el Segundo Informe Bienal de Transparencia, Colombia estima las emisiones fugitivas de la categoría 1.B.2 de acuerdo con el Refinamiento 2019 de las Directrices del IPCC. La implementación de este refinamiento permite organizar la estimación por segmentos de la cadena de petróleo y gas natural, así como diferenciar el aporte de las principales fuentes de emisión, incluyendo fugas, quema en antorcha y venteo.

En este marco, el país desarrolló factores de emisión nacionales para los segmentos de producción de petróleo, producción de gas natural y procesamiento de gas natural, a partir de información operativa reportada por el sector y consolidada por la ANH. Para estos segmentos, los factores nacionales permiten estimar de manera diferenciada las emisiones asociadas a fugas y quema en antorcha, considerando los gases CO_2, CH_4 y N_2O según corresponda a cada fuente. Para los demás segmentos de la categoría 1.B.2, la estimación se realiza

utilizando los factores de emisión más adecuados disponibles en el Refinamiento 2019 de las Directrices del IPCC, de acuerdo con el tipo de actividad, la fuente de emisión considerada y la información nacional disponible para la serie histórica.

Los factores de emisión nacionales fueron desarrollados para el periodo 2013–2023 a partir de información nacional del sector hidrocarburos. Los principales insumos utilizados corresponden a las declaraciones de primera parte sobre líneas base de fugas reportadas por los operadores, información sobre eficiencia de quema en antorcha y estadísticas nacionales de producción de crudo y gas natural, gas enviado a planta, gas quemado y gas quemado en planta. Esta información permitió relacionar las emisiones reportadas o estimadas por tipo de fuente con los datos de actividad correspondientes a cada segmento de la cadena upstream.

La disponibilidad de esta información se deriva del fortalecimiento reciente del marco normativo aplicable al sector de hidrocarburos. En particular, las Resoluciones 40066 de 2022 y 40317 de 2023 del Ministerio de Minas y Energía establecen lineamientos técnicos para la detección, cuantificación, reparación y reporte de emisiones asociadas a fugas, así como para la gestión del gas natural, incluyendo su aprovechamiento, quema y venteo. De manera complementaria, la Circular 26 de 20239 de la Agencia Nacional de Hidrocarburos establece los lineamientos para la Declaración de Primera Parte y la presentación de la Línea Base de Fugas de Gas Natural, mientras que la Resolución ANH 10981 de 202310 define el procedimiento para reportar la información asociada a la medición anual de la eficiencia de las teas utilizadas en la quema de gas natural.

El desarrollo de los factores de emisión nacionales se apoya en el fortalecimiento reciente del marco regulatorio aplicable a la gestión de emisiones fugitivas en el sector de hidrocarburos. En particular, las Resoluciones 40066 de 2022 y 40317 de 2023 del Ministerio de Minas y Energía establecen los lineamientos técnicos para la detección, cuantificación, reparación y reporte de fugas de gas natural, así como para la gestión del gas asociado a las actividades de exploración y explotación de hidrocarburos, incluyendo su aprovechamiento, quema y venteo.

Estas disposiciones introducen obligaciones específicas para los operadores, entre ellas la implementación de Programas de Detección y Reparación de Fugas (LDAR), la identificación de equipos y componentes con potencial de emisión, la aplicación de tecnologías de detección y cuantificación, el registro individual de fugas, la documentación de acciones de reparación y el reporte periódico de información operativa a las autoridades competentes. De esta manera, el marco regulatorio permite contar con información estandarizada sobre fugas a nivel de facilidad, equipo y componente.

En desarrollo de estas obligaciones, la Circular 26 de 2023 de la Agencia Nacional de Hidrocarburos definió los lineamientos para la presentación de la Línea Base de Fugas de Gas Natural. Este instrumento establece la estructura y los contenidos mínimos que deben reportar los operadores, incluyendo el inventario de fuentes con potencial de fuga, los métodos de detección y cuantificación empleados, las tasas de emisión estimadas y los soportes técnicos correspondientes. Esta información constituye uno de los insumos principales para la construcción de factores de emisión nacionales asociados a fugas.

De manera complementaria, la Resolución ANH 10981 de 2023 estableció el procedimiento para el reporte de la medición anual de eficiencia de las teas utilizadas para la quema de gas natural. En este marco, los operadores reportan información sobre eficiencia de combustión, eficiencia de destrucción de metano, volúmenes de gas quemado y emisiones estimadas de CO_2, CH_4 y N_2O asociadas a la quema en antorcha. Esta información sirve de base para el desarrollo de factores de emisión nacionales asociados al flaring.

La Agencia Nacional de Hidrocarburos consolida la información reportada por los operadores en cumplimiento de estos instrumentos. Posteriormente, esta información es remitida al equipo de Medición, Reporte y Verificación del sector minero-energético del Ministerio de Minas y Energía, donde se adelantan procesos de revisión, control y aseguramiento de calidad. Una vez validada, la información es utilizada por el equipo responsable del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero para la estimación de emisiones fugitivas del sector hidrocarburos.

9 https://www.anh.gov.co/es/normatividad2/normatividad/circular-n-26-de-1-de-diciembre-2023-declaraci%C3%B3n-de-primera-parte-para-conformidad-de-detecci%C3%B3n-y-cuantificaci%C3%B3n-de-fugas-de-gas-natural-y-l%C3%ADnea-base-de-fugas/

10 https://www.anh.gov.co/es/normatividad2/normatividad/resoluci%C3%B3n-10981-del-31-10-2023/

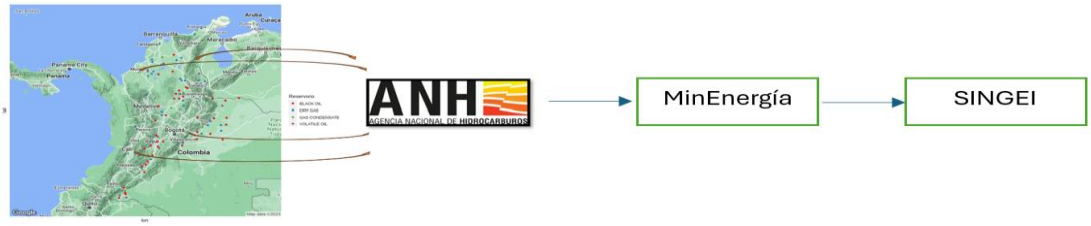


Figura 10-2. Esquema de reporte ANH

Fuente: Elaboración propia.

El proceso de construcción de factores de emisión nacionales parte de la clasificación de la información reportada por las facilidades dentro de los segmentos metodológicos definidos por el IPCC. Esta etapa es fundamental para garantizar que las emisiones por fugas y por quema en antorcha sean asignadas de manera consistente a las categorías de producción de petróleo, producción de gas natural y procesamiento de gas natural. Para ello, la información operativa reportada por los operadores se relaciona con los datos nacionales de actividad correspondientes, tales como producción de crudo, producción de gas natural, gas enviado a planta, gas quemado y gas quemado en planta.

A partir de esta clasificación, los factores de emisión se obtienen relacionando las emisiones reportadas con el dato de actividad correspondiente a cada segmento. Este cálculo se realiza de manera diferenciada por segmento, gas y tipo de fuente fugitiva, distinguiendo entre emisiones por fugas y emisiones por quema en tea. En el caso de las fugas, los factores de emisión reflejan las emisiones de CO_2 y CH_4 reportadas o cuantificadas a partir de las líneas base de fugas y de los programas de detección y reparación de fugas (LDAR). Para la quema en tea, los factores incorporan información sobre los volúmenes de gas quemado y la eficiencia de combustión o destrucción de metano, permitiendo estimar las emisiones de CO_2, CH_4 y N_2O asociadas a esta fuente.

Los factores desarrollados para el periodo 2013–2023 permiten incorporar información operativa nacional reciente en la estimación de las emisiones fugitivas del segmento upstream. Asimismo, esta información puntual se utiliza como referencia para mejorar la estimación de años anteriores de la serie histórica, procurando mantener coherencia temporal en las estimaciones del inventario. De esta manera, los factores nacionales permiten avanzar desde el uso exclusivo de valores por defecto hacia una aproximación basada en datos reportados por las operaciones del sector hidrocarburos en Colombia.

El uso de estos factores contribuye a fortalecer la transparencia, exactitud y consistencia de las estimaciones reportadas en la categoría 1.B.2. Al estar basados en información nacional regulada, los factores permiten reflejar de manera más adecuada las condiciones operativas del segmento upstream, así como los avances en la identificación, cuantificación y gestión de emisiones por fugas y quema en antorcha. La continuidad de los procesos de reporte permitirá actualizar y refinar estos factores en futuros ciclos de inventario, en la medida en que se consoliden nuevas mediciones y se fortalezca la información disponible.

Marco metodológico IPCC 2006 y Refinamiento 2019

La categoría 1.B.2 comprende las emisiones fugitivas asociadas a los sistemas de petróleo y gas natural. De acuerdo con las Directrices del IPCC y su Refinamiento 2019, esta categoría cubre diferentes segmentos de la cadena de hidrocarburos, desde las actividades de exploración, perforación, completamiento y producción, hasta procesamiento, transporte, refinación, distribución y, cuando aplica, emisiones asociadas a pozos abandonados.

Para petróleo, los segmentos considerados incluyen exploración y completamiento, producción y procesamiento primario, transporte, refinación, distribución de productos y otras fuentes, tales como liberaciones accidentales, fallas de equipos o pozos abandonados.

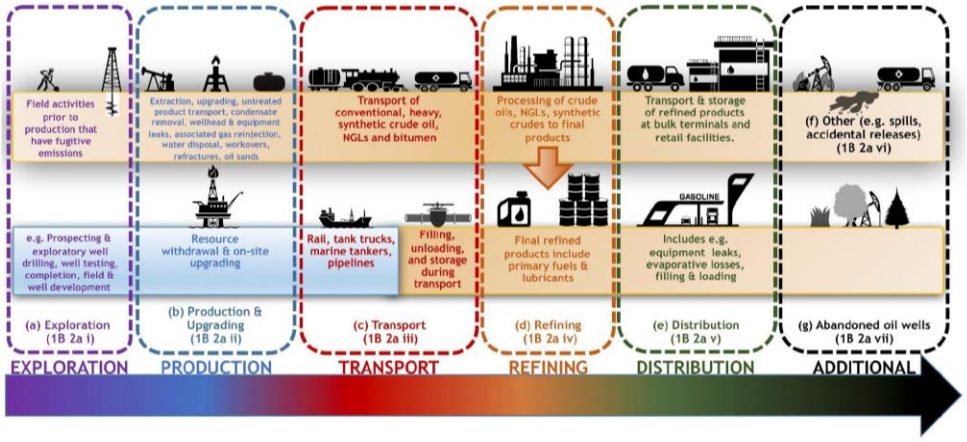


Figura 10-3. Segmentos clave incluidos en los sistemas de petróleo (1B 2a)

Fuente: Refinamiento IPCC, 2019.

Para gas natural, se consideran segmentos como exploración y completamiento, producción, procesamiento y tratamiento, transmisión, almacenamiento, distribución, emisiones posteriores al medidor y pozos abandonados.

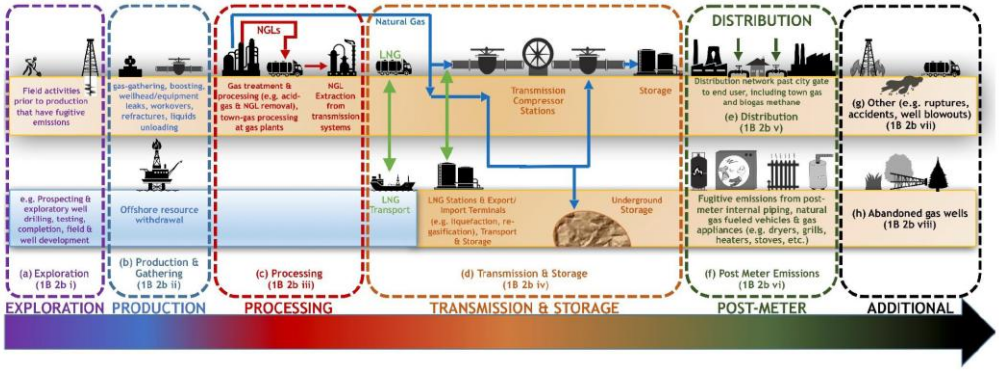


Figura 10-4. Segmentos clave incluidos en los sistemas de gas natural (1B 2b)

Fuente: Refinamiento IPCC, 2019.

Las emisiones fugitivas en estos segmentos pueden originarse por diferentes tipos de fuente, incluyendo fugas en equipos y componentes, venteo, quema en tea o antorcha, liberaciones accidentales y emisiones asociadas a procesos específicos. La relevancia de cada fuente depende de las condiciones operativas, el tipo de infraestructura, las prácticas de manejo del gas, el grado de control existente y la disponibilidad de información para cada segmento.

En el BTR II, las emisiones de la categoría 1.B.2 se estiman con base en el Refinamiento 2019 de las Directrices del IPCC. Este refinamiento permite organizar la estimación de manera más desagregada por segmento y por tipo de fuente, facilitando la identificación del aporte de fugas, quema en tea y venteo dentro de las emisiones fugitivas del sector petróleo y gas natural.

En este marco, para los segmentos de producción de petróleo, producción de gas natural y procesamiento de gas natural se emplearon factores de emisión nacionales construidos a partir de información operativa reportada por los operadores y consolidada por la Agencia Nacional de Hidrocarburos. Para estos segmentos, los factores permiten estimar emisiones diferenciadas por gas y tipo de fuente, particularmente para fugas y quema en tea.

Para los demás segmentos de la categoría 1.B.2, la estimación se realiza utilizando los factores de emisión más adecuados disponibles en el Refinamiento 2019 de las Directrices del IPCC, de acuerdo con el tipo de actividad, la fuente de emisión considerada y la información nacional disponible. De esta forma, la metodología combina factores nacionales para los segmentos con información operativa suficiente y factores por defecto o recomendados por el IPCC para aquellos segmentos en los que no se dispone de información nacional con el nivel de detalle requerido.

La elección del nivel metodológico depende de la disponibilidad y calidad de los datos. En términos generales, los métodos Tier 1 utilizan factores por defecto, los métodos Tier 2 emplean factores nacionales o específicos del sector, y los métodos Tier 3 se basan en mediciones directas, balances de masa o información detallada de operadores. En este contexto, la información reciente proveniente de programas de detección y reparación de fugas, líneas base de fugas y reportes de eficiencia de teas permite avanzar hacia factores nacionales para los segmentos priorizados, fortaleciendo la consistencia y representatividad de la estimación nacional.

A partir de este enfoque, la construcción de los factores de emisión nacionales requiere delimitar, para cada fuente evaluada, los gases de efecto invernadero que deben ser incluidos en la estimación. Para las fuentes consideradas en el segmento upstream del sector de hidrocarburos, esta delimitación se realiza de acuerdo con las Directrices del IPCC y con las características operativas de los procesos de fugas y quema en tea.

- Para las emisiones por fugas se consideran el dióxido de carbono (CO_2) y el metano (CH_4). Estas emisiones se originan por pérdidas no intencionales de gas natural en equipos, líneas, conexiones, válvulas y otros componentes del sistema. El metano constituye el gas de mayor relevancia en este tipo de fuente, mientras que el CO_2 puede estar presente en proporciones variables según la composición del gas producido.
- Para la quema en tea se consideran el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4) y el óxido nitroso (N_2O). En este proceso, la combustión convierte la mayor parte del gas quemado en CO_2; sin embargo, puede permanecer una fracción de CH_4 no destruido debido a ineficiencias en la combustión. Adicionalmente, se considera la formación de N_2O asociada al proceso de combustión.

Finalmente, una vez definidos los gases, fuentes y segmentos considerados para la construcción de los factores de emisión, los resultados deben organizarse de acuerdo con la estructura de reporte de las Common Reporting Tables (CRT). Si bien el procedimiento de estimación sigue la segmentación metodológica del Refinamiento 2019 de las Directrices del IPCC para la categoría 1.B.2 —Petróleo y gas natural—, el reporte internacional requiere asignar los resultados a las subcategorías correspondientes de las CRT.

En este sentido, las emisiones estimadas para los diferentes segmentos y tipos de fuente son asignadas posteriormente a las categorías CRT 1.B.2.a —Petróleo—, 1.B.2.b —Gas natural— y 1.B.2.c —Venteo y quema—, según corresponda. Esta asignación corresponde a una etapa de organización y reporte de resultados, y no modifica el procedimiento de cálculo, los factores de emisión construidos ni los datos de actividad utilizados. Su propósito es mantener la trazabilidad entre las fuentes estimadas, los segmentos metodológicos empleados y las categorías requeridas para el reporte oficial del BTR.

Construcción factores de emisión

La Figura resume el procedimiento seguido para la construcción de factores de emisión nacionales asociados a las emisiones fugitivas del segmento upstream de petróleo y gas natural. El esquema presenta la secuencia general de trabajo, desde la integración de la información reportada por los operadores y los datos históricos de actividad, hasta la clasificación metodológica, la estimación de emisiones, el cálculo de factores de emisión y la posterior organización de los resultados para el reporte en las Common Reporting Tables (CRT).

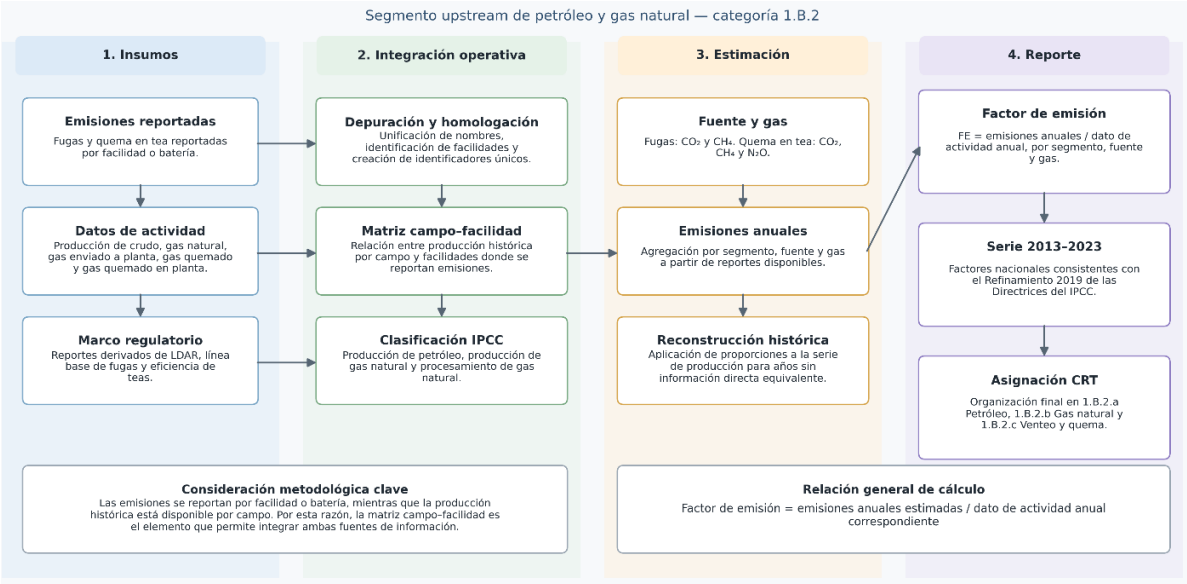


Figura 10-5. Flujo metodológico para la construcción de factores de emisión nacionales

Fuente: Elaboración propia, a partir de Procedimiento metodológico empleado para la categoría 1.B.2.

La construcción de los factores de emisión nacionales se realizó a partir de la integración de dos tipos principales de información: por un lado, los datos de emisiones reportados por los operadores en cumplimiento del marco regulatorio vigente; y, por otro, la información histórica de actividad disponible para el sector hidrocarburos. Esta integración permitió relacionar las emisiones asociadas a fugas y quema en tea con los datos de producción y manejo de gas correspondientes a cada segmento de la categoría 1.B.2.

Una consideración metodológica central corresponde a la diferencia en el nivel de agregación de las fuentes de información utilizadas. Mientras que la información histórica de producción se encuentra disponible principalmente a nivel de campo, las emisiones reportadas por los operadores corresponden a facilidades, baterías o plantas, las cuales pueden recibir producción de uno o varios campos. En consecuencia, no existe necesariamente una relación directa uno a uno entre el campo productor y la facilidad donde se reportan las emisiones.

Para resolver esta diferencia, se construyó una matriz de relación campo–facilidad. Esta matriz permitió vincular los campos productores con las facilidades asociadas a su operación, homologar nombres reportados por los operadores, identificar facilidades equivalentes bajo distintas denominaciones y clasificar cada instalación según su operación predominante. Esta etapa fue necesaria para asegurar que las emisiones reportadas por facilidad pudieran relacionarse de manera coherente con los datos de actividad utilizados en el cálculo de los factores de emisión.

Una vez consolidada la matriz campo–facilidad, las instalaciones fueron clasificadas de acuerdo con los segmentos metodológicos considerados para la categoría 1.B.2: producción de petróleo, producción de gas natural y procesamiento de gas natural. De manera paralela, las emisiones fueron diferenciadas por tipo de fuente —fugas o quema en tea— y por gas de efecto invernadero. Para las fugas se consideraron CO_2 y CH_4, mientras que para la quema en tea se consideraron CO_2, CH_4 y N_2O.

Con esta clasificación, se consolidaron las emisiones anuales por segmento, fuente y gas, a partir de los reportes disponibles por facilidad. Posteriormente, estas emisiones fueron relacionadas con el dato de actividad correspondiente a cada segmento, incluyendo, según el caso, producción de petróleo, producción de gas natural, gas enviado a planta, gas quemado o gas quemado en planta. Este procedimiento permitió mantener la correspondencia entre la fuente de emisión y la variable de actividad utilizada para el cálculo del factor.

Para los años en los que no se contaba con información directa equivalente a la reportada por los operadores, se realizó una reconstrucción histórica de emisiones. Para ello, se utilizaron proporciones derivadas del año con mayor nivel de detalle disponible y se aplicaron a la serie histórica de producción por campo. Este procedimiento permitió estimar emisiones para años anteriores manteniendo la estructura operativa campo–facilidad y la diferenciación por segmento, fuente y gas.

Finalmente, los factores de emisión se calcularon como la relación entre las emisiones anuales estimadas y el dato de actividad anual correspondiente. Este cálculo se realizó de manera diferenciada por segmento, tipo de fuente y gas, con el fin de obtener factores nacionales aplicables a las emisiones por fugas y por quema en tea en los segmentos priorizados del upstream. Los resultados fueron posteriormente organizados de acuerdo con las categorías CRT correspondientes para el reporte oficial del BTR.

Fugas – Producción de petróleo

- **Metano**

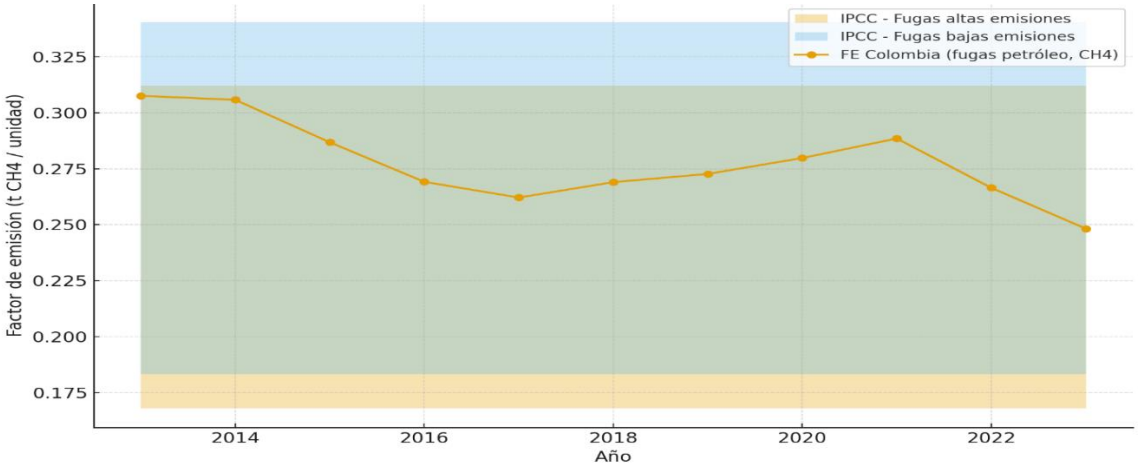


Figura 10-6. Evolución de factores de emisión vs rangos IPCC (fugas petróleo, CH_4).
Fuente: Elaboración propia.

La Figura 6 presenta la evolución del factor de emisión de metano (CH_4) asociado a fugas en el segmento de producción de petróleo para el periodo 2013–2023, en comparación con los rangos de referencia establecidos en el Refinamiento 2019 de las Directrices del IPCC. Los factores nacionales se ubican dentro de los rangos definidos por el IPCC para escenarios de bajas y altas emisiones, lo que permite verificar la consistencia general de los valores obtenidos frente a referencias metodológicas internacionales.

Durante el periodo analizado se observan variaciones interanuales en el factor de emisión, con una reducción hacia los años más recientes. Este comportamiento puede estar relacionado con cambios en las condiciones operativas, variaciones en la composición del gas producido o mejoras en la identificación, cuantificación y gestión de fugas a partir de la implementación de programas de detección y reparación de fugas (LDAR). La comparación con los rangos del IPCC se utiliza como un elemento de control de coherencia metodológica para evaluar la representatividad de los factores empleados en la estimación nacional.

- **Dióxido de Carbono**

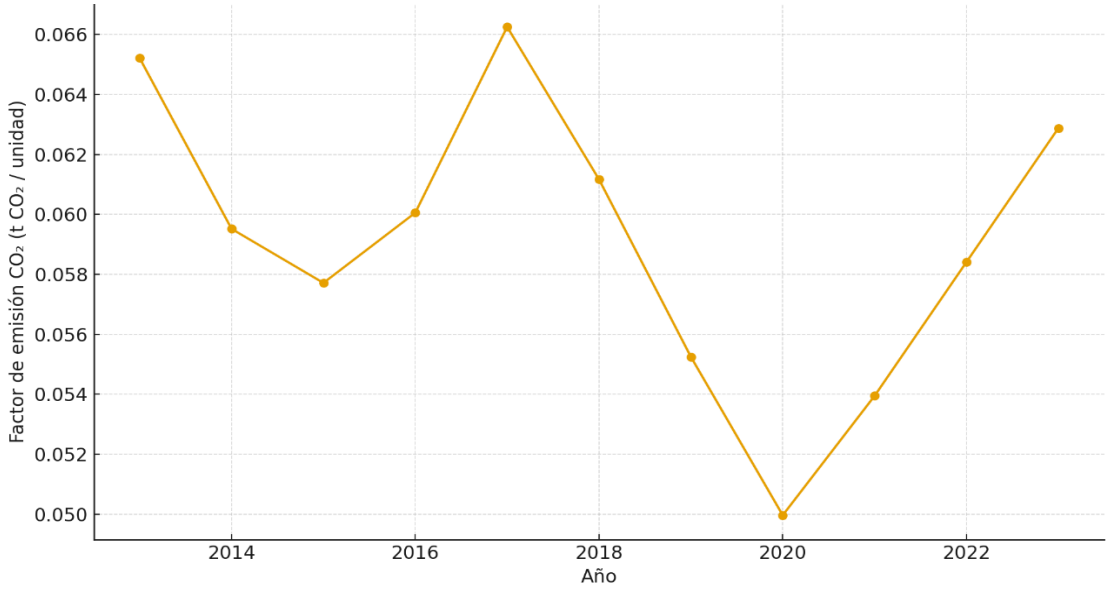


Figura 10-7. Evolución de factores de emisión de CO_2 por fugas en producción de petróleo (2013-2023)

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 7 presenta la evolución del factor de emisión de dióxido de carbono (CO_2) asociado a fugas en el segmento de producción de petróleo para el periodo 2013–2023. A diferencia del CH_4, para el CO_2 asociado a fugas no se presentan rangos comparativos específicos en el Refinamiento 2019 de las Directrices del IPCC, debido a que su magnitud depende principalmente de la composición del gas producido y de las condiciones operativas de cada facilidad.

Los resultados muestran un comportamiento relativamente estable a lo largo de la serie, con variaciones interanuales moderadas. Estas variaciones pueden estar asociadas a cambios en la composición del gas, en los niveles de producción o en las condiciones operativas de las facilidades consideradas. En términos generales, los factores de emisión de CO_2 por fugas presentan una magnitud menor frente a los factores de CH_4, aunque su inclusión permite mantener una contabilización completa de los gases de efecto invernadero asociados a esta fuente.

Fugas – Producción de gas natural

- **Metano**

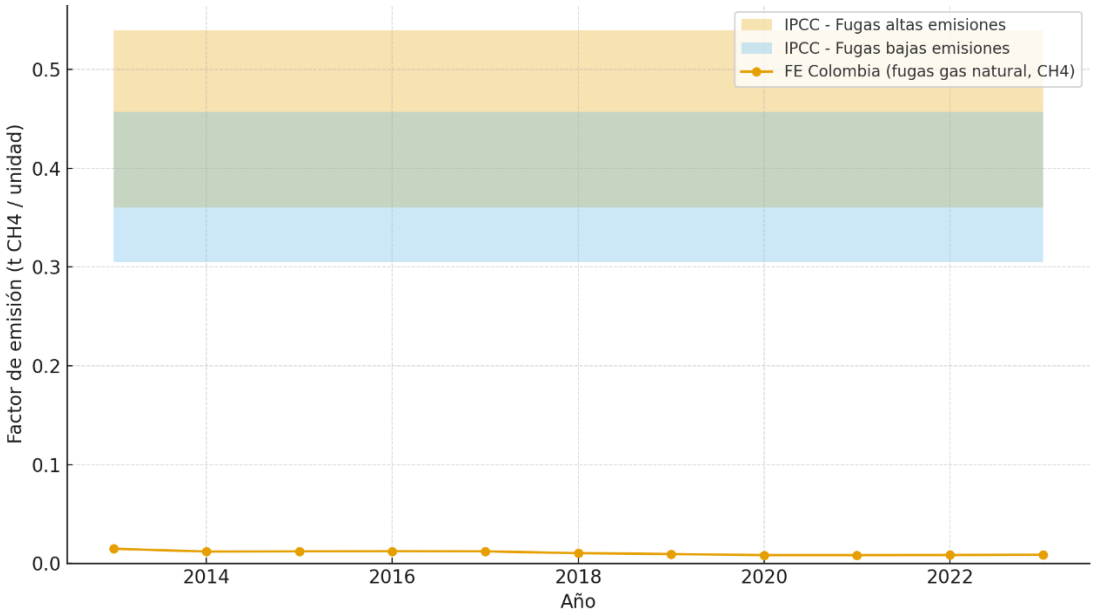


Figura 10-8. Evolución de factores de emisión de CH_4 por fugas en producción de gas natural (2013-2023)

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 8 presenta la evolución del factor de emisión de metano (CH_4) asociado a fugas en el segmento de producción de gas natural para el periodo 2013–2023, en comparación con los rangos de referencia establecidos en el Refinamiento 2019 de las Directrices del IPCC para escenarios de bajas y altas emisiones.

Los factores estimados se ubican por debajo de los rangos de referencia del IPCC durante el periodo analizado. Este comportamiento refleja las condiciones específicas de las facilidades de producción de gas natural consideradas en la estimación, así como la información reportada sobre emisiones fugitivas en el marco de los programas de detección, cuantificación y reparación de fugas. A lo largo de la serie se observa un comportamiento relativamente estable, con una reducción moderada hacia los años más recientes.

- **Dióxido de carbono**

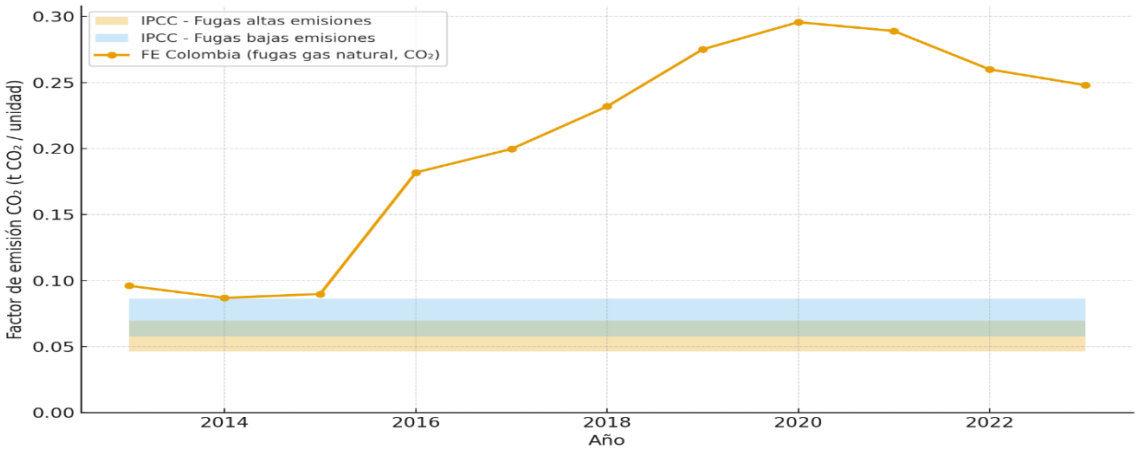


Figura 10-9. Evolución de factores de emisión de CO_2 por fugas en producción de gas natural (2013-2023)

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 9 presenta la evolución del factor de emisión de dióxido de carbono (CO_2) asociado a fugas en el segmento de producción de gas natural para el periodo 2013–2023, en comparación con los rangos de referencia establecidos en el Refinamiento 2019 de las Directrices del IPCC para escenarios de bajas y altas emisiones.

A diferencia de lo observado para el CH_4, los factores de emisión de CO_2 se ubican por encima de los rangos de referencia del IPCC durante parte del periodo analizado. Este comportamiento puede estar asociado a las características de composición del gas producido, así como a las condiciones de separación, tratamiento y manejo del gas en las facilidades consideradas. En la serie se observa un incremento entre 2015 y 2020, seguido de un comportamiento más estable en los años recientes.

La comparación con los rangos del IPCC permite contextualizar los factores nacionales frente a referencias metodológicas internacionales. En el caso del CO_2 asociado a fugas en producción de gas natural, las diferencias observadas frente a los rangos de referencia deben interpretarse considerando que la magnitud de estas emisiones depende de manera importante de la composición del gas producido y de las condiciones operativas de cada sistema. Por esta razón, el uso de información nacional permite representar de forma más específica las condiciones bajo las cuales se generan estas emisiones en el inventario.

Fugas – Procesamiento de gas natural

- **Metano**

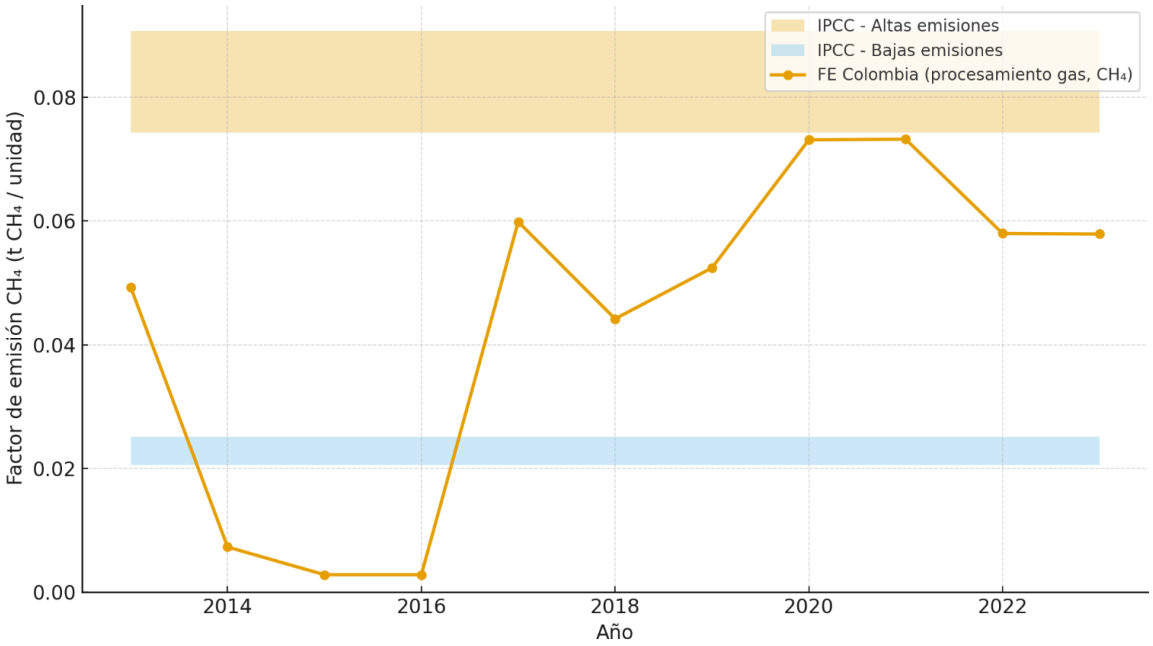


Figura 10-10. Evolución de factores de emisión de CH_4 por procesamiento de gas natural (2013-2023)

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 10 presenta la evolución del factor de emisión de metano (CH_4) asociado a fugas en el segmento de procesamiento de gas natural para el periodo 2013–2023, en comparación con los rangos de referencia establecidos en el Refinamiento 2019 de las Directrices del IPCC para escenarios de bajas y altas emisiones.

Durante los primeros años de la serie, los factores presentan valores bajos. A partir de 2017 se observa un incremento progresivo, seguido de un comportamiento más estable en los años recientes. Esta evolución puede estar relacionada con cambios en el nivel de actividad de las instalaciones consideradas, variaciones en el volumen y composición del gas tratado, o diferencias en las condiciones operativas de los procesos de separación, deshidratación, endulzamiento y manejo de corrientes residuales.

Los factores estimados se ubican dentro de los rangos de referencia del IPCC durante el periodo analizado. Esta comparación permite contextualizar los valores nacionales frente a referencias metodológicas internacionales y verificar su comportamiento relativo dentro del marco de estimación aplicado para el segmento de procesamiento de gas natural.

- **Dióxido de carbono**

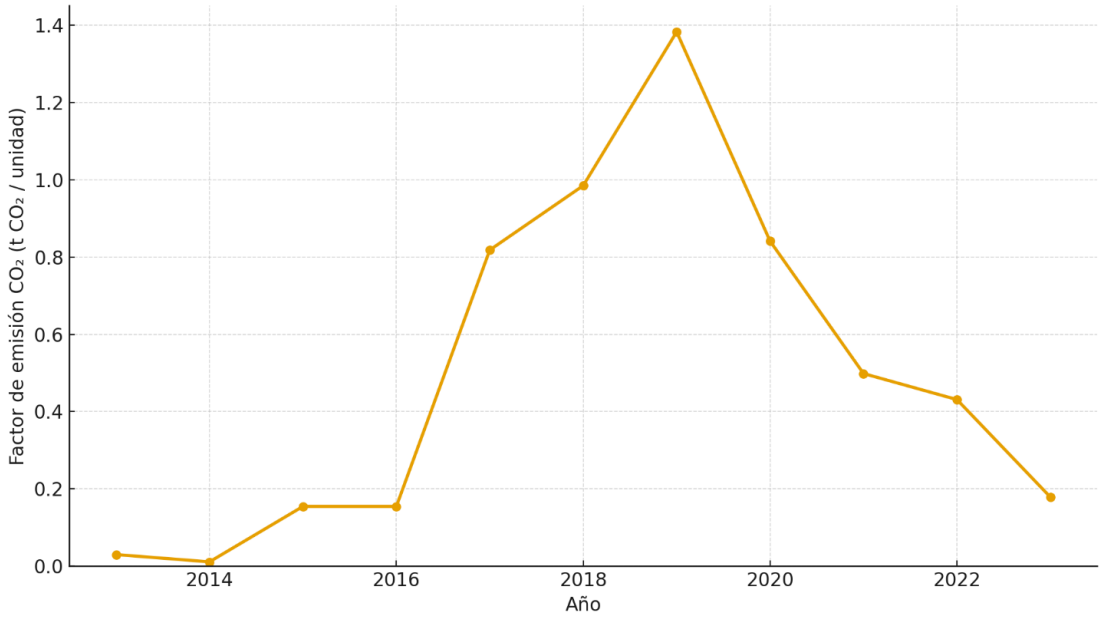


Figura 10-11. Evolución de factores de emisión de CO_2 por fugitivas en procesamiento de gas natural (2013-2023, suavizado)

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 11 presenta la evolución del factor de emisión de dióxido de carbono (CO_2) asociado a fugas en el segmento de procesamiento de gas natural para el periodo 2013–2023. Para la construcción de la serie se aplicó un ajuste al valor originalmente registrado en 2015, el cual fue identificado como atípico frente al comportamiento del resto de la serie. En este caso, se utilizó como referencia el valor correspondiente a 2016, con el fin de mantener la consistencia temporal del factor de emisión.

Una vez aplicado este ajuste, la serie muestra valores bajos al inicio del periodo, seguidos de un aumento progresivo a partir de 2017, con un valor máximo alrededor de 2019 y una disminución gradual en los años posteriores. Este comportamiento puede estar asociado a variaciones en el nivel de actividad de las instalaciones consideradas, cambios en la composición del gas tratado o diferencias en las condiciones operativas de los procesos de separación, endulzamiento y manejo de corrientes con contenido de CO_2.

La evolución observada debe interpretarse considerando que las emisiones de CO_2 en instalaciones de procesamiento de gas natural dependen de manera importante de la composición del gas recibido y de los procesos aplicados para su tratamiento. En este sentido, el uso de factores construidos a partir de información nacional permite representar de manera más específica las condiciones operativas del segmento de procesamiento de gas natural dentro de la estimación de emisiones fugitivas.

Quema en tea – Producción de petróleo

- **Dióxido de Carbono**

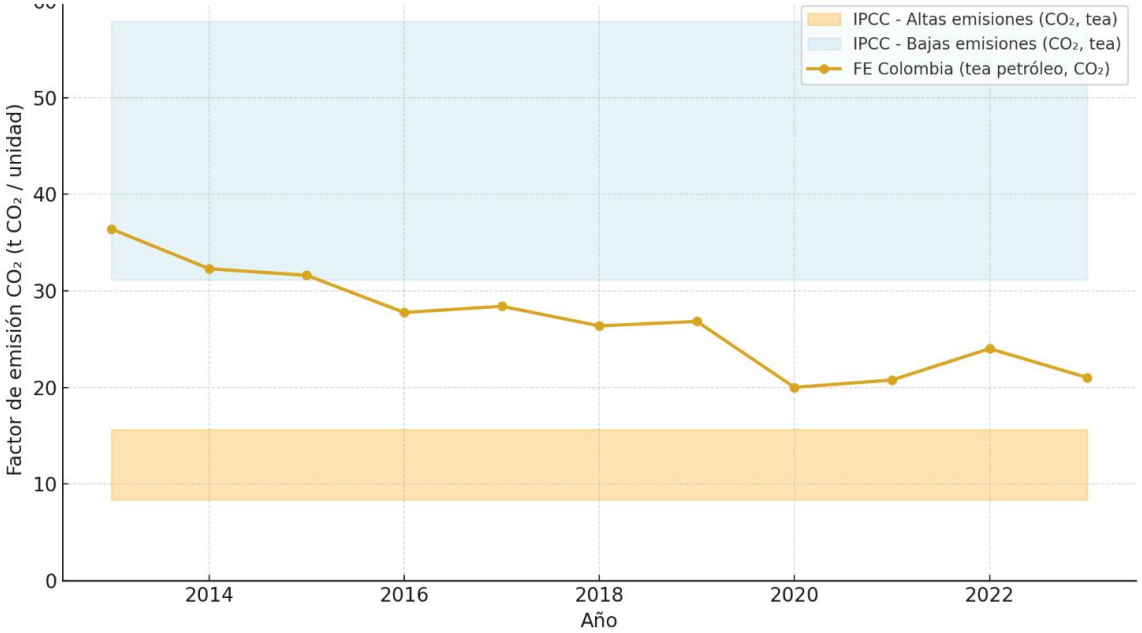


Figura 10-12. Evolución de factores de emisión de CO_2 por quema en tea en producción de petróleo (2013-2023)

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 12 presenta la evolución del factor de emisión de dióxido de carbono (CO_2) asociado a la quema en tea en el segmento de producción de petróleo para el periodo 2013–2023, en comparación con los rangos de referencia establecidos en el Refinamiento 2019 de las Directrices del IPCC para escenarios de bajas y altas emisiones.

Los factores estimados se ubican dentro del rango de referencia asociado a bajas emisiones durante el periodo analizado. Este comportamiento es consistente con factores de emisión asociados a sistemas de quema en tea en los que la mayor parte del gas quemado se convierte en CO_2 durante el proceso de combustión. A lo largo de la serie se observa una disminución gradual entre 2013 y 2020, seguida de un comportamiento más estable en los años recientes.

La evolución del factor puede estar relacionada con variaciones en las condiciones operativas de las teas, cambios en los volúmenes o composición del gas quemado, y ajustes en las prácticas de manejo del gas asociado. La comparación con los rangos del IPCC permite contextualizar los factores nacionales frente a referencias metodológicas internacionales y verificar su comportamiento relativo dentro del marco de estimación aplicado para la quema en tea.

- **Metano**

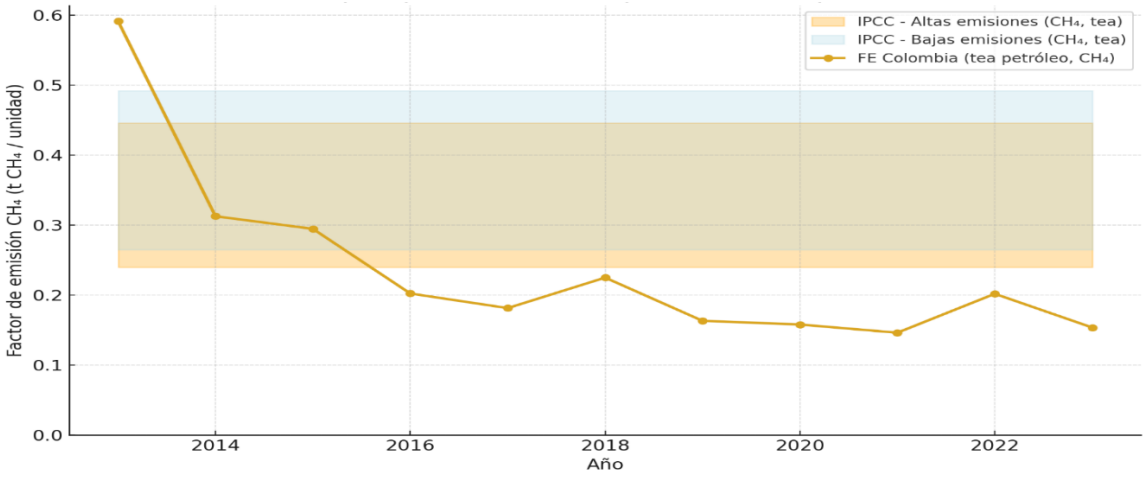


Figura 10-13. Evolución de factores de emisión de CH_4 por quema en tea en producción de petróleo (2013-2023)

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 13 presenta la evolución del factor de emisión de metano (CH_4) asociado a la quema en tea en el segmento de producción de petróleo para el periodo 2013–2023, en comparación con los rangos de referencia establecidos en el Refinamiento 2019 de las Directrices del IPCC para escenarios de bajas y altas emisiones.

Los resultados muestran una disminución del factor de emisión durante los primeros años de la serie, pasando de valores iniciales superiores a 0,5 t CH_4/unidad en 2013 a valores más estables, entre 0,15 y 0,23 t CH_4/unidad, en los años recientes. Este comportamiento puede estar asociado a variaciones en las condiciones de operación de las teas, cambios en la composición o volumen del gas quemado, y diferencias en la fracción de metano no destruido durante el proceso de combustión.

A partir de 2016, los factores estimados se aproximan al límite inferior de los rangos de referencia del IPCC. Esta comparación permite contextualizar los valores nacionales frente a referencias metodológicas internacionales y verificar el comportamiento relativo de los factores empleados para estimar las emisiones de CH_4 asociadas a la quema en tea en el segmento de producción de petróleo.

- **Óxido nitroso**

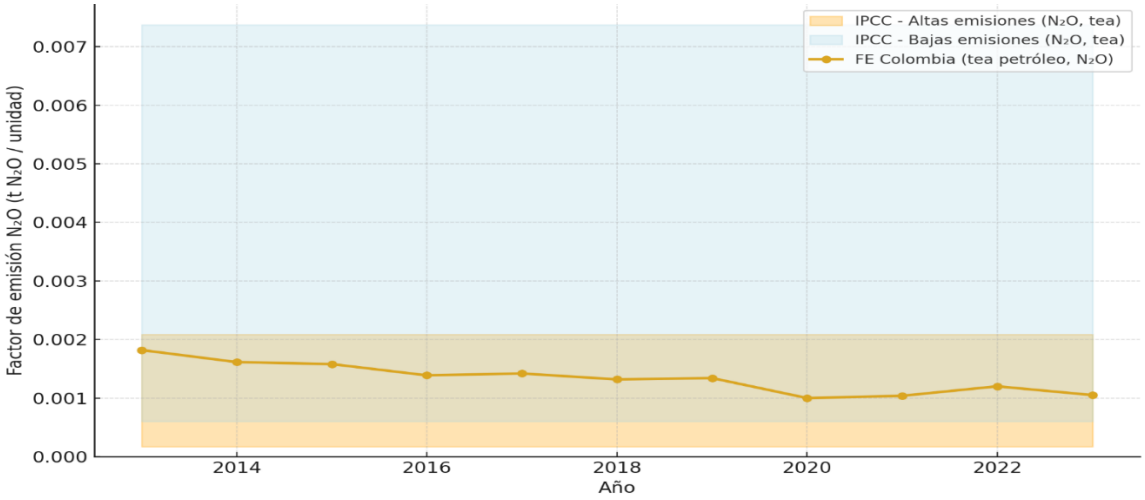


Figura 10-14. Evolución de factores de emisión de N_2O por quema en tea en producción de petróleo (2013-2023)

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 14 presenta la evolución del factor de emisión de óxido nitroso (N_2O) asociado a la quema en tea en el segmento de producción de petróleo para el periodo 2013–2023, en comparación con los rangos de referencia establecidos en el Refinamiento 2019 de las Directrices del IPCC para escenarios de bajas y altas emisiones.

Los factores estimados se ubican dentro del rango inferior de referencia del IPCC durante el periodo analizado. En términos generales, la serie presenta una disminución gradual entre 2013 y 2020, seguida de variaciones menores en los años posteriores. Este comportamiento es consistente con la baja magnitud relativa del N_2O en procesos de quema en tea, en comparación con las emisiones de CO_2 y CH_4 asociadas a esta misma fuente.

La comparación con los rangos del IPCC permite contextualizar los factores nacionales frente a referencias metodológicas internacionales y verificar su comportamiento relativo dentro del marco de estimación aplicado para la quema en tea. La inclusión del N_2O permite mantener una contabilización completa de los gases de efecto invernadero asociados al proceso de combustión en teas.

Quema en tea – Producción de gas natural

- **Metano**



Figura 10-15. Evolución de factores de emisión de CH_4 por quema en tea en producción de gas natural (2013-2023)

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 15 presenta la evolución del factor de emisión de metano (CH_4) asociado a la quema en tea en el segmento de producción de gas natural para el periodo 2013–2023, en comparación con el rango de referencia establecido en el Refinamiento 2019 de las Directrices del IPCC para escenarios de bajas emisiones. Para este segmento, el valor de referencia asociado a escenarios de altas emisiones corresponde a cero, por lo que la comparación se realiza frente al rango inferior disponible.

Los factores estimados se ubican por debajo de 0,007 t CH_4/unidad durante todo el periodo analizado y presentan variaciones moderadas a lo largo de la serie. En todos los años, los valores se mantienen dentro del rango de referencia de bajas emisiones del IPCC.

La magnitud de estos factores refleja la fracción de metano no destruido durante el proceso de quema en tea, de acuerdo con la información utilizada para la estimación. La comparación con el rango del IPCC permite contextualizar los valores nacionales frente a referencias metodológicas internacionales y verificar su comportamiento relativo dentro del marco de estimación aplicado para la quema en tea en el segmento de producción de gas natural.

- **Dióxido de carbono**

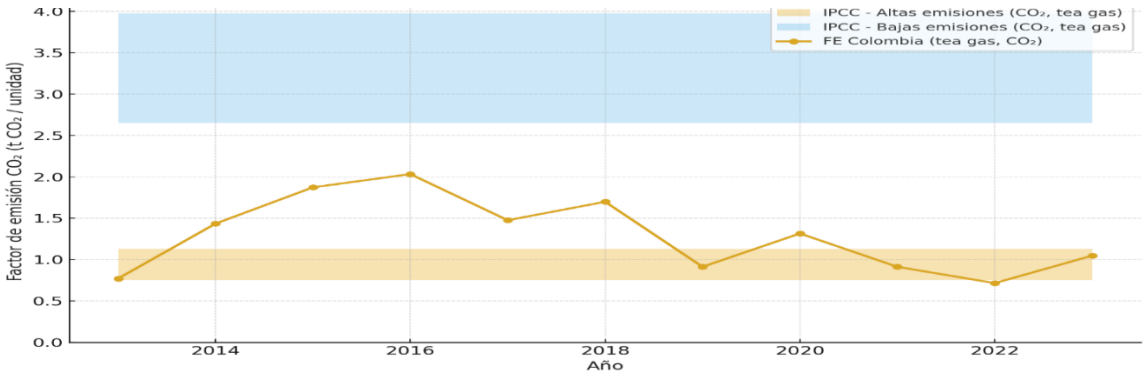


Figura 10-16. Evolución de factores de emisión de CO_2 por quema en tea en producción de gas natural (2013-2023)

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 16 presenta la evolución del factor de emisión de dióxido de carbono (CO_2) asociado a la quema en tea en el segmento de producción de gas natural para el periodo 2013–2023, en comparación con los rangos de referencia establecidos en el Refinamiento 2019 de las Directrices del IPCC para escenarios de bajas y altas emisiones.

Los factores estimados oscilan aproximadamente entre 0,7 y 2,0 t CO_2/unidad durante el periodo analizado. La serie presenta un incremento entre 2013 y 2016, alcanza sus valores más altos alrededor de 2016–2017 y posteriormente muestra una disminución gradual hacia los años recientes. En términos generales, los valores se ubican entre los rangos de referencia del IPCC considerados para escenarios de bajas y altas emisiones.

Este comportamiento puede estar asociado a variaciones en los volúmenes de gas quemado, la composición del gas enviado a tea y las condiciones operativas de los sistemas de quema. La comparación con los rangos del IPCC permite contextualizar los factores nacionales frente a referencias metodológicas internacionales y verificar su comportamiento relativo dentro del marco de estimación aplicado para la quema en tea en el segmento de producción de gas natural.

- **Óxido nitroso**

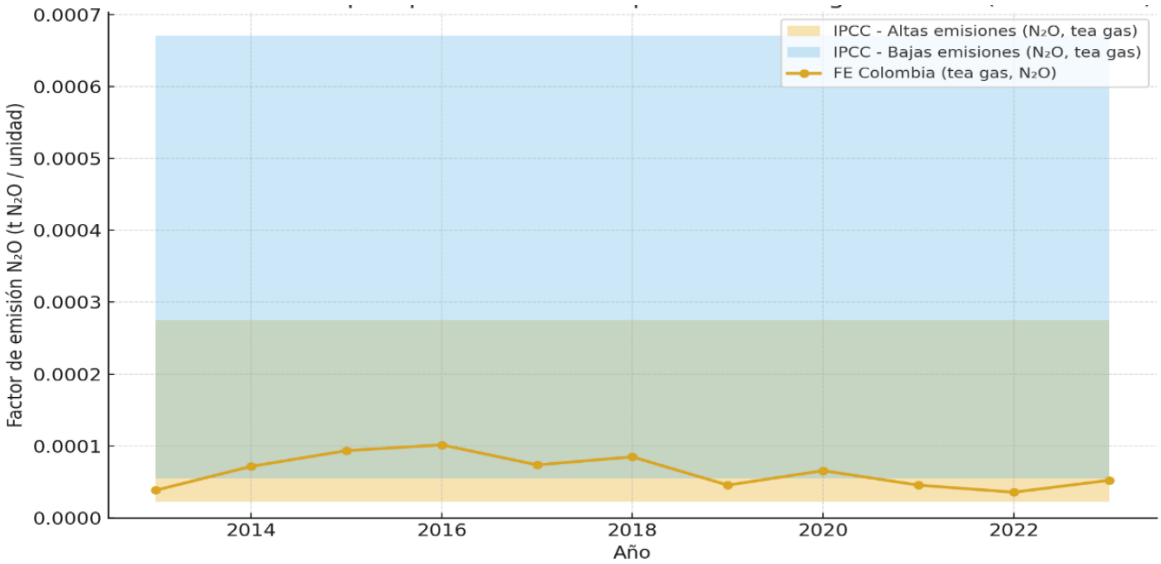


Figura 10-17. Evolución de factores de emisión de N_2O por quema en tea en producción de gas natural (2013-2023)

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 17 presenta la evolución del factor de emisión de óxido nitroso (N_2O) asociado a la quema en tea en el segmento de producción de gas natural para el periodo 2013–2023, en comparación con los rangos de referencia establecidos en el Refinamiento 2019 de las Directrices del IPCC para escenarios de bajas y altas emisiones.

Los factores estimados se mantienen dentro de un rango estrecho, entre aproximadamente $3{,}6\times10^{-5}$ y $1{,}0\times10^{-4}$ t N_2O/unidad, con variaciones moderadas entre años y sin incrementos abruptos. Durante el periodo analizado, los valores se ubican dentro del intervalo de referencia del IPCC, principalmente en la parte inferior del rango asociado a bajas emisiones.

Este comportamiento es consistente con la baja magnitud relativa del N_2O en procesos de quema en tea, en comparación con las emisiones de CO_2 y CH_4 asociadas a esta fuente. La comparación con los rangos del IPCC permite contextualizar los factores nacionales frente a referencias metodológicas internacionales y verificar su comportamiento relativo dentro del marco de estimación aplicado para la quema en tea en el segmento de producción de gas natural.

Quema en tea – Procesamiento de gas natural

- **Metano**

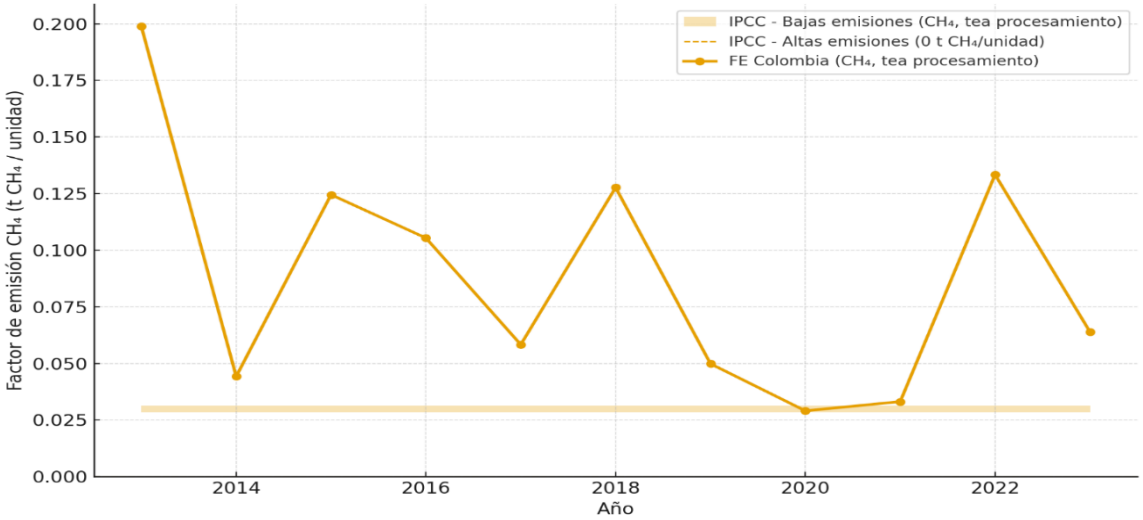


Figura 10-18. Evolución de factores de emisión de CH_4 por quema en tea en procesamiento de gas natural (2013-2023)

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 18 presenta la evolución del factor de emisión de metano (CH_4) asociado a la quema en tea en el segmento de procesamiento de gas natural para el periodo 2013–2023, en comparación con el rango de referencia establecido en el Refinamiento 2019 de las Directrices del IPCC para escenarios de bajas emisiones. Para este segmento, la comparación se realiza frente al rango de bajas emisiones disponible en la referencia metodológica.

Los factores estimados se sitúan aproximadamente entre 0,03 y 0,20 t CH_4/unidad durante el periodo analizado. La serie presenta una reducción marcada entre 2013 y 2014, seguida de oscilaciones interanuales, sin retornar a los valores observados al inicio del periodo. En la mayor parte de la serie, los factores se ubican por encima del rango de referencia de bajas emisiones del IPCC.

Este comportamiento puede estar asociado a variaciones en las condiciones de operación de las teas en plantas de procesamiento de gas natural, cambios en la composición o volumen del gas enviado a quema, y diferencias en la fracción de metano no destruido durante el proceso de combustión. La comparación con el rango del IPCC permite contextualizar los factores nacionales frente a referencias metodológicas internacionales y verificar su comportamiento relativo dentro del marco de estimación aplicado para la quema en tea en el segmento de procesamiento de gas natural.

- **Dióxido de Carbono**

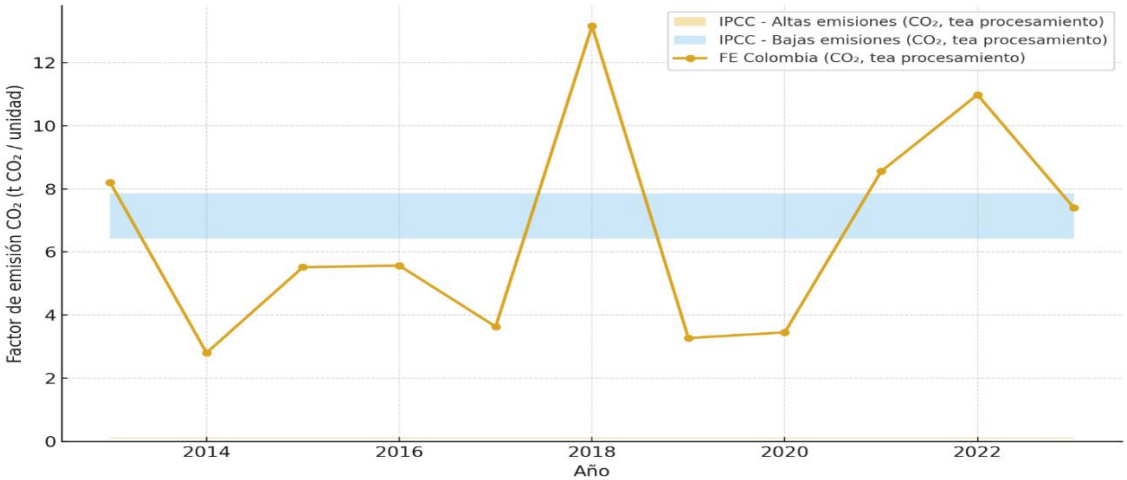


Figura 10-19. Evolución de factores de emisión de CO_2 por quema en tea en procesamiento de gas natural (2013-2023)

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 19 presenta la evolución del factor de emisión de dióxido de carbono (CO_2) asociado a la quema en tea en el segmento de procesamiento de gas natural para el periodo 2013–2023, en comparación con los rangos de referencia establecidos en el Refinamiento 2019 de las Directrices del IPCC para escenarios de bajas y altas emisiones.

Los factores estimados presentan una variabilidad marcada durante el periodo analizado, con valores que oscilan aproximadamente entre 2,8 y 13 t CO_2/unidad. La serie muestra una reducción entre 2013 y 2014, seguida de fluctuaciones interanuales, incluyendo incrementos puntuales como el observado en 2018. En los años más recientes, los factores se ubican nuevamente en niveles intermedios dentro de la serie.

En relación con los rangos de referencia del IPCC, los factores estimados se ubican por encima del rango asociado a altas emisiones y, en algunos años, dentro o por encima del rango asociado a bajas emisiones. Este comportamiento puede estar relacionado con variaciones en la composición del gas tratado, los volúmenes enviados a quema y las condiciones operativas de las teas en las plantas de procesamiento de gas natural.

La comparación con los rangos del IPCC permite contextualizar los factores nacionales frente a referencias metodológicas internacionales. En este caso, la variabilidad observada resalta la importancia de emplear información nacional para representar las condiciones específicas de la quema en tea en el segmento de procesamiento de gas natural dentro de la estimación de emisiones fugitivas.

- **Óxido Nitroso**

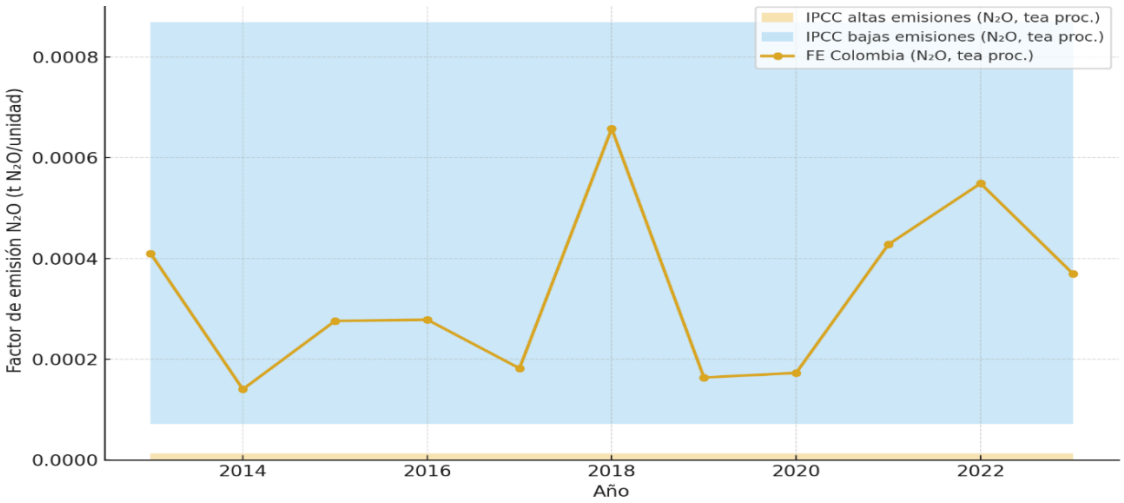


Figura 10-20. Evolución de factores de emisión de N_2O por quema en tea en procesamiento de gas natural (2013-2023)

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 20 presenta la evolución del factor de emisión de óxido nitroso (N_2O) asociado a la quema en tea en el segmento de procesamiento de gas natural para el periodo 2013–2023, en comparación con los rangos de referencia establecidos en el Refinamiento 2019 de las Directrices del IPCC para escenarios de bajas y altas emisiones.

Los factores estimados se encuentran en el orden de $1{,}4\times10^{-4}$ a $6{,}6\times10^{-4}$ t N_2O/unidad durante el periodo analizado. La serie presenta un valor relativamente alto en 2013, una disminución en 2014 y variaciones interanuales moderadas en los años posteriores, incluyendo incrementos puntuales alrededor de 2018–2020.

Al contrastar estos resultados con los rangos de referencia del IPCC, los factores estimados se ubican por encima del rango asociado a altas emisiones y dentro del rango asociado a bajas emisiones, con valores que en varios años se sitúan hacia la parte media o alta de este último. Este comportamiento puede estar relacionado con variaciones en las condiciones de combustión, la composición del gas enviado a tea y las condiciones operativas de las plantas de procesamiento de gas natural.

La comparación con los rangos del IPCC permite contextualizar los factores nacionales frente a referencias metodológicas internacionales. En este caso, la inclusión de factores específicos para N_2O permite representar de manera diferenciada la contribución de este gas dentro de las emisiones asociadas a la quema en tea en el segmento de procesamiento de gas natural.

Conclusiones

En términos generales, los resultados obtenidos muestran comportamientos diferenciados entre segmentos, fuentes y gases, lo cual refleja la importancia de estimar de manera separada las emisiones asociadas a fugas y quema en tea para producción de petróleo, producción de gas natural y procesamiento de gas natural.

Para el segmento de producción de petróleo, los factores de emisión de CH_4 asociados a fugas se ubican dentro de los rangos de referencia del Refinamiento 2019 de las Directrices del IPCC y presentan una reducción moderada hacia los años más recientes. Los factores de CO_2 asociados a fugas muestran valores relativamente estables durante el periodo analizado, con una magnitud menor frente a los factores de CH_4. En el caso de la quema en tea, los factores de CO_2, CH_4 y N_2O presentan comportamientos consistentes con los rangos de referencia del IPCC, permitiendo contextualizar los resultados nacionales frente a referencias metodológicas internacionales.

En el segmento de producción de gas natural, los factores de CH_4 asociados a fugas se ubican por debajo de los rangos de referencia del IPCC durante el periodo analizado, mientras que los factores de CO_2 asociados a fugas presentan valores superiores a dichos rangos en algunos años. Esta diferencia evidencia la necesidad de considerar de manera diferenciada la composición del gas producido y las condiciones operativas de las facilidades, especialmente para gases cuya magnitud puede variar de acuerdo con las características del recurso y los procesos de manejo aplicados.

El segmento de procesamiento de gas natural presenta una mayor variabilidad interanual, particularmente en los factores asociados a la quema en tea. Los factores de CO_2 muestran fluctuaciones relevantes en años específicos, mientras que los factores de CH_4 y N_2O presentan variaciones más acotadas, aunque con diferencias frente a los rangos de referencia del IPCC según el gas y el año analizado. Esta variabilidad resalta la importancia de mantener información desagregada por segmento, fuente y gas, con el fin de representar adecuadamente las condiciones específicas del procesamiento de gas natural dentro de la estimación nacional.

En conjunto, los resultados muestran que el uso de factores de emisión nacionales permite mejorar la trazabilidad metodológica de la estimación, al relacionar las emisiones reportadas o estimadas con datos de actividad asociados a las operaciones del sector hidrocarburos. Asimismo, la comparación con los rangos de referencia del IPCC constituye un elemento de control de coherencia, útil para contextualizar los factores nacionales y evaluar su comportamiento relativo frente a valores metodológicos internacionales.

La continuidad de los procesos de reporte asociados a fugas, programas LDAR y eficiencia de teas permitirá actualizar estos factores en futuros ciclos de inventario. A medida que se consolide información con mayor cobertura temporal y nivel de detalle, será posible fortalecer la consistencia de la serie histórica, reducir la incertidumbre asociada a la estimación y refinar la asignación de emisiones por segmento, fuente y gas.

Procesos industriales y uso de productos

Anexo 4.1. Herramienta de cálculo para las categorías 2.F.1 y 2.F.3

El presente anexo tiene como objetivo documentar la herramienta de cálculo desarrollada para la estimación de emisiones de gases fluorados en las categorías 2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado y 2.F.3. Protección contra incendios, conforme a la metodología de las Directrices del IPCC 2006 para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero.

La herramienta fue diseñada para facilitar el procesamiento de la serie temporal completa del inventario nacional, automatizando los cálculos asociados a la evolución del banco de sustancias, las emisiones durante la operación de los equipos, las emisiones al final de la vida útil y demás variables intermedias. De igual manera, permite integrar de manera consistente los datos de actividad nacionales y los parámetros específicos de cada sustancia, garantizando la trazabilidad y reproducibilidad de las estimaciones de emisiones.

Antecedentes

Las Directrices del IPCC de 2006 proporcionan hojas de cálculo para implementar la metodología Tier 1 en la estimación de emisiones de gases fluorados de las categorías 2.F.1. Refrigeración y aire acondicionado y 2.F.3. Protección contra incendios. Estas herramientas permiten estimar las emisiones a partir de los datos de actividad y de los parámetros por defecto establecidos por el IPCC.

Durante la actualización del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de Colombia se identificó que las hojas de cálculo originales presentaban limitaciones para su aplicación a la serie temporal completa del inventario, particularmente para la incorporación de nuevos años y la actualización sistemática de los cálculos.

Con el fin de facilitar la actualización periódica del inventario y mantener la consistencia metodológica entre años, se desarrolló una herramienta de cálculo en Microsoft Excel que reproduce la lógica y las ecuaciones de la metodología Tier 1 establecida en las Directrices del IPCC (2006), adaptándolas a la estructura de datos utilizada para el inventario nacional.

Datos de entrada

Cada hoja de cálculo correspondiente a una subcategoría (Figura 10-21) está estructurada en dos secciones de entrada: una destinada a los datos de actividad (B2) y otra a los parámetros de cálculo requeridos por la metodología del IPCC (2006).

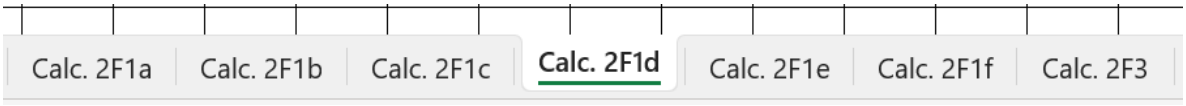


Figura 10-21. Distribución de las hojas de la herramienta

La primera sección (B2) contiene los datos de actividad por sustancia, expresados en toneladas. Estos datos corresponden al resultado del procesamiento previo realizado a partir de la información nacional disponible, en el cual las mezclas y sustancias reportadas son transformadas en series individuales por compuesto. Por tanto, en esta sección la información ya se encuentra organizada únicamente por sustancia y constituye el insumo directo para la herramienta de cálculo.

B2

Sustancia	Dato	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
HFC-125	Producción	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-
HFC-125	Exportación	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-
HFC-125	Importación	0	0	0	0	0	0	0	2,23	2,07	2,69	2,47	4,47	3,57
HFC-134a	Producción	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-
HFC-134a	Exportación	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-
HFC-134a	Importación	0	0	0	0	0	0	0	15,19	17,30	21,54	16,02	24,89	24,82
HFC-143a	Producción	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-
HFC-143a	Exportación	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-
HFC-143a	Importación	0	0	0	0	0	0	0	2,63	2,45	3,18	2,92	5,28	4,22
HFC-32	Producción	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-
HFC-32	Exportación	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-
HFC-32	Importación	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-

Figura 10-22. Estructura de B2

Para cada sustancia se dispone de campos para producción, importación y exportación. En el caso de Colombia, las estimaciones actuales se basan en datos de importación, dado que no se reporta producción ni exportación nacional para estas sustancias. No obstante, se mantienen los campos de producción y exportación con el fin de permitir su incorporación en futuras actualizaciones, en caso de que dicha información esté disponible.

La estructura de B2 permite ampliar la herramienta mediante la inclusión de nuevas sustancias, sin modificar la lógica general de cálculo.

La segunda sección (F2) contiene los parámetros requeridos para la estimación de emisiones por sustancia. Entre estos se incluyen la vida útil del equipo, el factor de emisión, la fracción destruida al final de la vida útil y, cuando aplica, el año de introducción de la sustancia.

F2

		Sustancia						
Factor	**Unidad**	**HFC-125**	**HFC-134**	**HFC-143**	**HFC-32**			
Vida útil del equ	Años	10,00	10,00	10,00	10,00			
Factor de emisió	%	0,15	0,15	0,15	0,15			
Fracción destruic	Fracción	0,25	0,25	0,25	0,25			
Año de introducción		2008	2008	2008	2019			

Figura 10-23. Estructura de F2

Variables calculadas en la Herramienta de cálculo para la categoría 2.F.1 Refrigeración y aire acondicionado

A partir de los datos de actividad y de los parámetros definidos para cada sustancia, la herramienta calcula una serie de variables intermedias que permiten representar el comportamiento temporal de los gases fluorados en los equipos de refrigeración y aire acondicionado. Estas variables permiten diferenciar la cantidad de agente que ingresa al sistema, la fracción destinada al servicio de equipos existentes, el agente incorporado en equipos nuevos, el retiro por fin de vida útil, el banco remanente y las emisiones anuales.

Para cada variable intermedia se describirá su forma de cálculo donde:

- t: año de cálculo
- P_t: producción en el año t
- I_t: importaciones en el año t
- X_t: exportaciones en el año t
- L: vida útil del equipo
- EF: factor de emisión del banco
- FD: fracción destruida al final de vida útil
- AI: año de introducción de la sustancia
- B_t: banco al final del año t

PROCESAMIENTO

Sustancia	HFC-125

Parámetro		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Total nuevo agente		0	0	0	0	0	0	0	2,23	2,07	2,69	2,47
Agente en equipos retirados		0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-
	Para servicio	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	0,86
	Menos servicio	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	1,91
	Equipos nuevos	0	0	0	0	0	0	0	2,23	2,07	2,69	1,61
Destrucción en retiro		0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-
Liberación en retiro		0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-
Banco		0	0	0	0	0	0	0	2,23	3,97	6,06	7,62
Emisiones operativas del banco		0	0	0	0	0	0	0	0,33	0,59	0,91	1,14
Emisiones totales		-	-	-	-	-	-	-	**0,33**	**0,59**	**0,91**	**1,14**

Figura 10-24. Estructura del cálculo de la emisión

Total nuevo agente: Corresponde a la cantidad neta de sustancia que ingresa al sistema en un año determinado. Se calcula como la suma de la producción nacional y las importaciones, menos las exportaciones. En el caso de Colombia, actualmente esta variable está determinada por las importaciones, dado que no se cuenta con producción ni exportación nacional reportada para estas sustancias. Esta variable representa el dato de actividad anual que alimenta el cálculo.

$$TN\ A_t = P_t + I_t - X_t$$

Para servicio: Representa la cantidad de agente requerida para el mantenimiento o recarga de equipos existentes. Esta variable reconoce que no todo el agente que ingresa en un año se incorpora a equipos nuevos, pues una parte puede utilizarse para reponer pérdidas de refrigerante en equipos ya instalados. Su cálculo depende del año de introducción de la sustancia, la vida útil del equipo, el factor de emisión del banco y la cantidad histórica de agente incorporado en equipos nuevos.

$$SERV_t = \begin{cases} 0, & \text{si } t - AI \leq 2 \\ EN_{t-3}[1-(1-EF)^3] + EF \cdot \sum EN, & \text{si } t - AI > 2 \end{cases}$$

Menos servicio: Corresponde a la diferencia entre el total nuevo agente y la cantidad estimada para servicio. Esta variable permite identificar el volumen de sustancia que queda disponible después de descontar las necesidades de mantenimiento de equipos existentes.

$$MS_t = TNA_t - SERV_t$$

Equipos nuevos: Representa la cantidad de sustancia efectivamente incorporada en equipos nuevos durante el año. Se calcula a partir del total nuevo agente menos la cantidad destinada a servicio. La herramienta restringe esta variable a valores no negativos, con el fin de evitar que años con alta demanda estimada de servicio generen incorporaciones negativas de agente en equipos nuevos.

$$EN_t = \max(0, MS_t)$$

Agente en equipos retirados: Corresponde a la cantidad de sustancia contenida en equipos que alcanzan el final de su vida útil durante el año. Esta variable se calcula considerando tres elementos: la vida útil del equipo, la cantidad de agente incorporada en equipos nuevos en años anteriores y el banco disponible del año previo. De esta forma, el retiro no se estima directamente a partir del consumo del año, sino a partir de las cohortes históricas de equipos que cumplen su vida útil. Además, el cálculo se limita por el banco disponible, evitando retirar más agente del que permanece en operación.

$$RET_t = \begin{cases} 0, & \text{si } t - AI \leq L - 1 \\ \min(EN_{t-L}(1 - EF), B_{t-1}(1 - EF)), & \text{si } t - AI > L - 1 \end{cases}$$

Destrucción en retiro: Representa la fracción del agente contenido en equipos retirados que se destruye de manera controlada al final de la vida útil. Se calcula aplicando la fracción destruida al agente en equipos retirados.

$$DEST_t = RET_t \cdot FD$$

Liberación en retiro: Corresponde a la parte del agente retirado que no es destruida y que, por tanto, se libera a la atmósfera durante el retiro de los equipos. Se calcula como la diferencia entre el agente en equipos retirados y la destrucción en retiro.

$$LIB_t = RET_t - DEST_t$$

Banco: Representa la cantidad de sustancia que permanece contenida en equipos en operación al final de cada año. El banco se actualiza anualmente considerando el banco del año anterior, el nuevo agente que ingresa al sistema, el agente retirado por fin de vida útil y las emisiones operativas del banco del año anterior. Esta variable permite capturar la acumulación temporal de sustancias fluoradas en los equipos y es fundamental para estimar emisiones reales, dado que una parte de las emisiones actuales proviene de sustancias incorporadas en años previos.

$$B_t = \max(0, B_{t-1} + TNA_t - RET_t - EO_{t-1})$$

Emisiones operativas del banco: Corresponden a las pérdidas anuales de refrigerante desde los equipos en operación. Se calculan aplicando el factor de emisión del banco al banco estimado para cada año.

$$EO_t = B_t \cdot EF$$

Emisiones totales: Representan las emisiones anuales estimadas para cada sustancia y subcategoría. Se calculan como la suma de las emisiones operativas del banco y la liberación asociada al retiro de equipos. Esta variable corresponde al resultado final del bloque de procesamiento y es posteriormente integrada en la tabla de resultados del inventario.

$$E_t = EO_t + LIB_t$$

Variables estimadas en la Herramienta de cálculo para la categoría 2.F.3. Protección contra incendios

La herramienta para la categoría 2.F.3. Protección contra incendios mantiene una lógica de cálculo similar a la implementada para 2.F.1, en la medida en que las sustancias pueden permanecer contenidas en los equipos durante varios años y generar un banco acumulado. Por tanto, las emisiones no se estiman únicamente a partir del dato de actividad del año, sino también considerando la permanencia del agente en los equipos, las pérdidas durante la operación y la liberación asociada al retiro al final de la vida útil.

No obstante, la categoría 2.F.3 presenta una estructura de cálculo específica para los sistemas de protección contra incendios. En este caso, el agente que ingresa al sistema puede destinarse tanto al servicio de equipos existentes como a la carga de equipos nuevos. La herramienta diferencia estos flujos para estimar adecuadamente el banco, el retiro de equipos y las emisiones anuales.

Total nuevo agente: Corresponde a la cantidad neta de sustancia que ingresa al sistema en un año determinado. Se calcula como la suma de la producción nacional y las importaciones, menos las exportaciones:

Total nuevo agente

$$TNA_t = P_t + I_t - X_t$$

donde:

- TNA_t: total nuevo agente en el año t
- P_t: producción
- I_t: importaciones

- X_t: exportaciones

Para servicio: Representa la cantidad de agente requerida para el mantenimiento o recarga de equipos existentes de protección contra incendios. Esta variable se estima a partir del agente incorporado en equipos nuevos en años anteriores y del factor de emisión del banco. Su propósito es diferenciar la fracción del agente que se utiliza para mantener equipos ya instalados de aquella que efectivamente se incorpora a equipos nuevos.

$$S_t = \begin{cases} 0, & t - AI \leq 2 \\ (EN_{t-3}[1-(1-EF)^3] + \sum_{i=t-L+1}^{t-4} E\,N_i\,EF), & t - AI \geq L \\ (EN_{t-3}[1-(1-EF)^3] + \sum_{i=AI}^{t-4} E\,N_i\,EF), & 2 < t - AI < L \end{cases}$$

donde:

- S_t: agente destinado a servicio.
- EN_i: agente incorporado en equipos nuevos en el año i.
- EF: factor de emisión anual.
- L: vida útil del equipo.
- AI: año de introducción de la sustancia.

Menos servicio: Corresponde al agente disponible después de descontar la cantidad destinada a servicio:

$$MS_t = TNA_t - S_t$$

Esta variable permite identificar cuánto del agente que ingresó al sistema queda disponible para ser incorporado a equipos nuevos.

Equipos nuevos: Representa la cantidad de agente efectivamente incorporada en equipos nuevos durante el año. La herramienta restringe esta variable a valores no negativos, para evitar que una demanda de servicio mayor al total nuevo agente genere valores negativos:

$$EN_t = \max(0, MS_t)$$

Agente en equipos retirados: Corresponde a la cantidad de agente contenida en los equipos que alcanzan el final de su vida útil en el año de cálculo. Esta variable se estima con base en el agente incorporado en equipos nuevos en años anteriores, considerando la vida útil definida para la sustancia y limitando el retiro al agente efectivamente disponible en el banco del año anterior.

$$RET_t = \begin{cases} 0, & t - AI \leq L - 1 \\ \max\left(0,\ \min(EN_{t-L}(1-EF),\ B_{t-1}(1-EF))\right), & t - AI > L - 1 \end{cases}$$

Destrucción en retiro: Representa la fracción del agente retirado que se destruye de manera controlada al final de la vida útil de los equipos:

$$DEST_t = RET_t \cdot FD$$

donde FD es la fracción destruida al final de la vida útil.

Liberación en retiro: Corresponde a la parte del agente retirado que no es destruida y que, por tanto, se libera a la atmósfera durante el retiro de los equipos:

$$LIB_t = RET_t - DEST_t$$

Banco: Representa la cantidad de agente que permanece contenida en equipos de protección contra incendios en operación al final de cada año. El banco se actualiza considerando el banco del año anterior, el total nuevo agente incorporado al sistema, las emisiones operativas del año anterior y el agente retirado durante el año.

Para 2.F.3 la ecuación es ligeramente diferente de 2.F.1 porque evita descontar dos veces la liberación asociada al retiro:

$$B_t = \max(0,\ B_{t-1} + TNA_t - (E_{t-1} - LIB_{t-1}) - RET_t)$$

En esta expresión, $(E_{t-1} - LIB_{t-1})$ representa las emisiones operativas del banco del año anterior, excluyendo la liberación por retiro, con el fin de evitar una doble contabilización de las salidas del banco.

Emisiones: Las emisiones anuales se calculan como la suma de las emisiones operativas del banco y la liberación asociada al retiro de equipos:

$$E_t = B_t \cdot EF + LIB_t$$

Esta variable corresponde al resultado final del bloque de procesamiento para cada sustancia y año, y posteriormente se integra en los resultados consolidados de la categoría 2.F.3.

Agricultura

Anexo 5.1. Modelo AFOLU 1 Colombia (3.A. y 3.B.)

Generalidades del modelo

Es un modelo nacional desarrollado para estimar factores de emisión de CH_4 por fermentación entérica o gestión de estiércol, basado en características específicas de los modelos de producción bovina en cada una de las subregiones de Colombia, subcategorías de animales, sistemas de producción, clima y dietas (Figura 10-25).

El modelo se estructuró a partir de las ecuaciones del Refinamiento de las Directrices del IPCC (2019). Estas se complementaron con los modelos de requerimientos nutricionales para ganado de carne del (NRC, 2000), el Sistema de Carbohidratos y Proteínas Netas de Cornell (Fox et al., 2004a) y el sistema para rumiantes domesticados de CSIRO (Freer et al., 1997, 2007). Asimismo, el procesamiento y perfeccionamiento de los datos contó con el apoyo técnico del equipo de emisiones agrícolas de Nueva Zelanda (Moreno Q. et al., 2021).

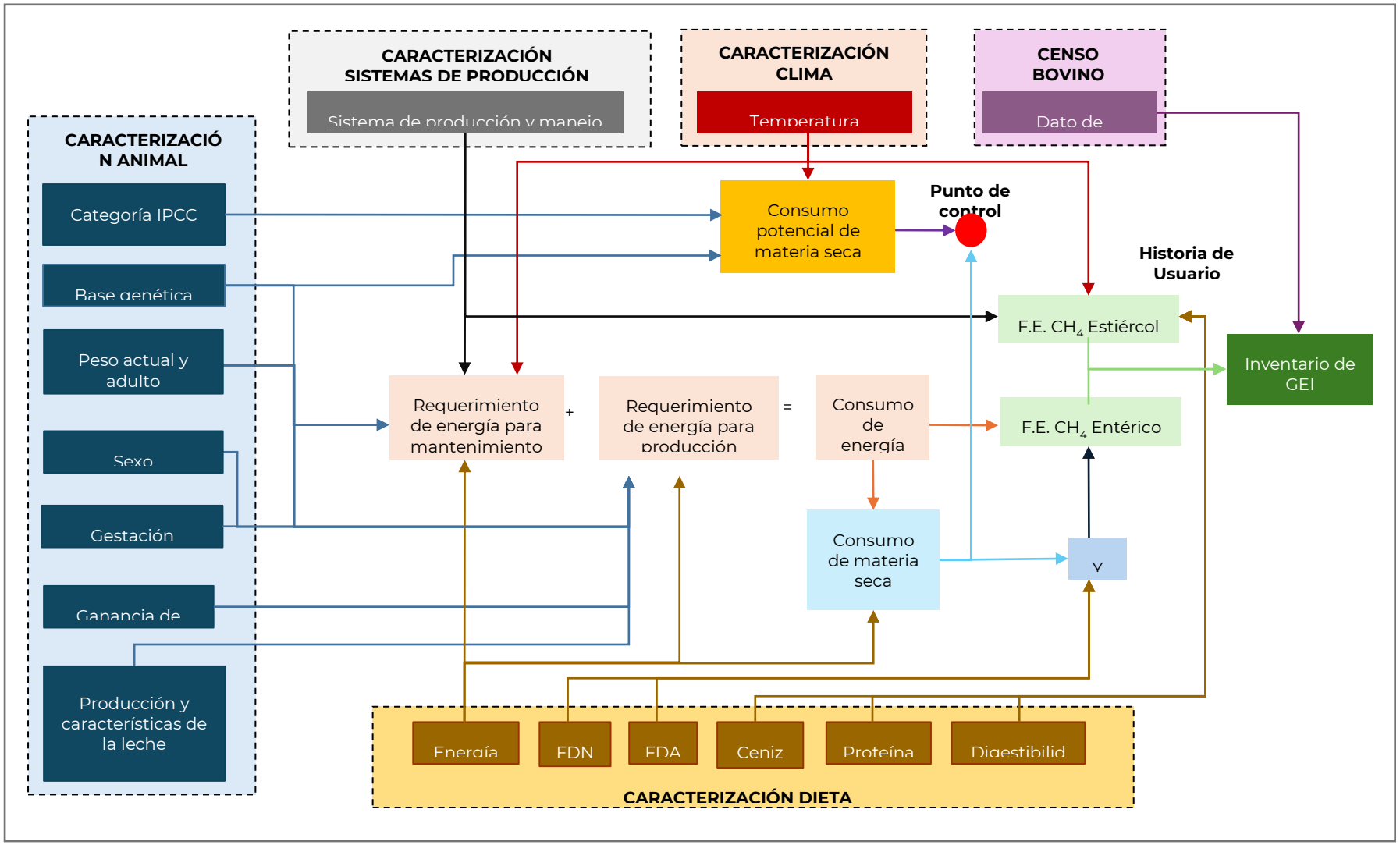


Figura 10-25. Diagrama del modelo AFOLU 1 Colombia

Para calcular los factores de emisión de CH_4, se implementó un procedimiento estructurado en seis fases: en primer lugar, la regionalización de la ganadería bovina y la homologación de los grupos etarios del Censo Bovino en Colombia con las categorías IPCC; posteriormente, la caracterización de los animales tipo, los sistemas de producción, la gestión del estiércol y las dietas; finalmente, se integró la caracterización climática para proceder al cálculo definitivo de los factores de emisión.

- *Regionalización de la ganadería bovina:* Mediante un análisis de clúster espacial se identificaron diez agrupaciones regionales, sustentadas en variables climáticas, edafológicas, agroecosistémicas y tecnológicas. Las variables climáticas (temperatura, precipitación, humedad relativa y brillo solar) provienen de registros georreferenciados del Ideam. El componente edafológico e hídrico incorporó datos de suelo de la FAO (2014), mapas de inundaciones y salinización del Ideam (2014c, 2016), y un mapa de pendientes basado en un DEM de 90 metros (Jarvis et al., 2018), junto con indicadores de demanda y vulnerabilidad hídrica sectorial (Ideam, 2010a, 2010b, 2014a, 2014b). Finalmente, las variables tecnológicas incluyeron la distribución de *Bos taurus* y *Bos indicus* por confort térmico (Moreno & Moreno, 2020) y la orientación del hato de FEDEGAN (2012). Este proceso definió las regiones definitivas: Caribe húmedo, Caribe seco, Cundiboyacense, Eje Cafetero - Valle del Cauca, Magdalena Medio, Orinoquía, Santanderes, Selvas tropicales e Islas, Sur Centro y Sur Occidente (Ideam et al., 2022).
- *Homologación del Censo Bovino a subcategorías IPCC:* Para la clasificación de las subcategorías se empleó el mapa de orientación del hato ganadero de FEDEGAN (2012) y los censos ganaderos del ICA (2021b), bajo los siguientes criterios metodológicos:
    1 Vacas de Alta Producción: Corresponde a la sumatoria de las hembras de 2 a 3 años y mayores de 3 años localizadas en municipios con orientación lechera. Se caracterizan por pertenecer a la especie *Bos taurus* (principalmente razas Holstein, Pardo Suizo, Ayrshire y Jersey), criadas en climas fríos a templados con temperaturas promedio entre 10 y 18 °C.
    2 Vacas de Baja Producción: Comprende a todas las hembras mayores de 3 años ubicadas en municipios con orientación de doble propósito (utilizadas para la producción de leche y cría de terneros mediante amamantamiento). Incluye animales *Bos taurus* puros de las razas Normando o Simmental —criados en climas de frío a templado (10 a 18 °C)—, o cruces entre biotipos lecheros *Bos taurus* (Holstein o Pardo Suizo) y cebúes *Bos indicus* (Gyr, Nelore, Brahman o Guzerá). Estos ejemplares cruzados se manejan principalmente en climas cálidos con temperaturas promedio superiores a 19 °C.
    3 Vacas para producción de carne: Agrupa a las hembras mayores de 3 años en municipios con orientación a Ceba, Ceba-Cría y Cría, destinadas a la producción de terneros mediante amamantamiento. En Colombia, estos animales pertenecen mayoritariamente a la especie *Bos indicus* (razas Nelore, Brahman y Guzerá) y, en menor proporción, a razas criollas *Bos taurus* adaptadas al trópico (Casanareño, Blanco Orejinegro [BON], Costeño con Cuernos, Romosinuano y Sanmartinero). Se crían en climas cálidos (>19 °C), bajo condiciones tanto húmedas como secas.
    4 Toros utilizados con fines reproductivos: Corresponde al 55% de los machos mayores de 3 años destinados a la reproducción en ganaderías de leche, carne o doble propósito. Los ejemplares de climas fríos y templados (<18 °C) pertenecen a la especie *Bos taurus* de origen europeo (razas Holstein, Pardo Suizo, Ayrshire, Jersey, Normando o Simmental). Por su parte, los de climas cálidos (>18 °C) corresponden a la especie *Bos indicus* o a razas criollas *Bos taurus* (Nelore, Brahman, Guzerá, Casanareño, BON, Costeño con Cuernos, Romosinuano y Sanmartinero).
    5 Terneros pre-destetos: Equivale a la suma de todas las novillas y terneros menores de un año nacidos en sistemas de leche, carne o doble propósito. Los animales criados en climas fríos y templados (< 18 °C) pertenecen a la especie *Bos taurus*, mientras que los de climas cálidos (>18 °C) corresponden a la especie *Bos indicus*, sus cruces con biotipos europeos o razas criollas. Posteriormente, una fracción se destina al reemplazo del hato y el remanente ingresa a las etapas de levante y ceba para su posterior sacrificio comercial.
    6 Novillas de reemplazo: En municipios con orientación cárnica, doble propósito (DP) y sus respectivas combinaciones comerciales, comprende la sumatoria de las hembras de 1 a 2 años y de 2 a 3 años. En municipios especializados en leche, equivale únicamente a las hembras de 1 a 2 años. En los sistemas de carne y doble propósito, estos animales pertenecen a la especie *Bos indicus* cruzada con *Bos taurus* europeo o criollo, mientras que en la ganadería de leche son exclusivamente *Bos taurus* especializados.
    7 Ganado de engorde: Corresponde, en la totalidad de los municipios, a la sumatoria de los machos de 1 a 2 años, de 2 a 3 años, y al 45% restante de los machos mayores de 3 años. En climas fríos y templados (< 18 °C) pertenecen a la especie *Bos taurus*, mientras que en climas cálidos (>19 °C) corresponden a *Bos indicus*, sus cruces o razas criollas *Bos taurus*.

Es importante destacar que la homologación de las subcategorías se realizó para estimar las emisiones derivadas de la fermentación entérica, la gestión del estiércol y las emisiones directas e indirectas de N_2O resultantes de la deposición de orina y estiércol en pastoreo. Este procedimiento se fundamentó estrictamente en los lineamientos de la Tabla 10.1 del Refinamiento de las Directrices del IPCC de 2019.

1. *Caracterización de los animales tipo*: La definición de los parámetros productivos y de manejo de estiércol se realizó mediante una consulta estructurada a expertos. En este proceso se identificó la base genética y

se determinaron variables críticas como pesos adultos, pesos promedio por etapa fisiológica, ganancias diarias de peso, volumen de producción de leche y su correspondiente composición (grasa y proteína). Asimismo, se caracterizaron los sistemas de alimentación y las modalidades de gestión de estiércol. Los valores detallados de estos parámetros para cada región y subcategoría se encuentran documentados en la Tabla 10-13.

Tabla 10-13. Anexo 5.1: Caracterización de los animales de cada subcategoría en cada región

Categorías IPCC	Características Animal	Cundiboyacense	Sur Occidente	Orinoquía	Eje Cafetero y Valle del Cauca	Magdalena Medio	Santanderes	Sur Centro	Caribe Seco	Caribe húmedo	Selvas Tropicales e Islas
3.A.1.a.iv.1. Vacas de alta producción	Peso Promedio (kg)	540	500	NA	530	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	Peso Adulto (kg)	600	560	NA	590	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	Producción diaria de leche (kg día-1)	12	8	NA	14	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	Producción de leche por lactancia (kg)	3.660,00	2.440,00	NA	4.270,00	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	Contenido graso de leche (%)	3,5	3,6	NA	3,4	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	Ganancia de peso promedio (kg día^{-1})	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	Genética	Bos taurus	Bos taurus	NA	Bos taurus	NA	NA	NA	NA	NA	NA
3.A.1.a.iv.2. Vacas de baja producción	Peso Promedio (kg)	477	432	414	440	420	410	416	405	418	379,8
	Peso Adulto (kg)	530	480	460	490	470	455	465	450	465	422
	Producción diaria de leche (kg día^{-1})	7	4,5	5,7	7	4	4,9	4	4	4	3
	Producción de leche por lactancia (kg)	1.960,00	1.372,50	1.738,50	2.135,00	1.220,00	1.494,50	1.220,00	1.220,00	1.220,00	840
	Contenido graso de leche (%)	3,8	3,6	3,2	3,7	3,5	3,6	3,5	4	3,6	3,7
	Ganancia de peso promedio (kg día^{-1})	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

Categorías IPCC	Características Animal	Cundiboyacense	Sur Occidente	Orinoquía	Eje Cafetero y Valle del Cauca	Magdalena Medio	Santanderes	Sur Centro	Caribe Seco	Caribe húmedo	Selvas Tropicales e Islas
	Genética	Bos taurus	Bos taurus x Bos indicus	Bos taurus x Bos indicus	Bos taurus x Bos indicus	Bos taurus x Bos indicus	Bos taurus x Bos indicus	Bos taurus x Bos indicus	Bos taurus x Bos indicus	Bos taurus x Bos indicus	Bos taurus x Bos indicus
3.A.1.a.iv.3. Vacas para producción de carne	Peso Promedio (kg)	415	408	370	428	410	396	400	390	405	360
	Peso Adulto (kg)	460	453	411	475	456	440	445	433	450	400
	Producción diaria de leche (kg^{-1})	2	2	1,5	2	2	2	2	2	2	1,5
	Producción de leche por lactancia (kg)	560	560	420	560	560	560	560	560	560	420
	Contenido graso de leche (%)	3,8	3,6	3,8	3,7	3,5	3,6	3,5	4	3,6	3,7
	Ganancia de peso promedio (kg $día^{-1}$)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	Genética	Bos indicus	Bos indicus	Bos indicus	Bos indicus	Bos indicus	Bos indicus	Bos indicus	Bos indicus	Bos indicus	Bos indicus
3.A.1.a.iv.4. Toros utilizados con fines reproductivos	Peso Promedio (kg)	660	600	600	660	600	600	600	600	600	550
	Peso Adulto (kg)	660	600	600	660	600	600	600	600	600	550
	Producción diaria de leche (kg $día^{-1}$)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	producción de leche por lactancia (kg)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	Contenido graso de leche (%)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	Ganancia de peso promedio (kg $día^{-1}$)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

Categorías IPCC	Características Animal	Cundiboyacense	Sur Occidente	Orinoquía	Eje Cafetero y Valle del Cauca	Magdalena Medio	Santanderes	Sur Centro	Caribe Seco	Caribe húmedo	Selvas Tropicales e Islas
	Genética	Bos taurus	Bos indicus	Bos indicus	Bos indicus	Bos indicus	Bos indicus	Bos indicus	Bos indicus	Bos indicus	Bos indicus
3.A.1.a.iv.5. Terneros pre-destetos	Peso Promedio (kg)	110	101	95	104	110	94,53	104	90,23	90,23	94
	Peso Adulto (kg)	577,5	535	493,33	548,75	510	500	503,33	503,33	503,33	474
	Consumo diario de leche (kg día^{-1})	2	2	1,5	2	2	2	2	2	2	1,5
	Contenido graso de leche (%)	3,8	3,6	3,2	3,6	3,5	3,6	3,5	4	3,6	3,7
	Ganancia de peso promedio (kg día^{-1})	0,53	0,34	0,2	0,4	0,35	0,37	0,38	0,23	0,33	0,23
	Genética	Bos taurus x Bos indicus	Bos indicus	Bos indicus	Bos taurus x Bos indicus	Bos indicus	Bos indicus	Bos indicus	Bos indicus	Bos indicus	Bos indicus
3.A.1.a.iv.6. Novillas de reemplazo	Peso Promedio (kg)	278,68	255	237,75	270	260,2	233,23	250	230	245	234
	Peso Adulto (kg)	530	497,67	435,5	518,33	463	447,5	455	441,5	457,5	411
	Producción diaria de leche (kg día^{-1})	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	Producción de leche por lactancia (kg)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	Contenido graso de leche (%)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	Ganancia de peso promedio (kg día^{-1})	0,43	0,37	0,2	0,4	0,44	0,38	0,4	0,25	0,35	0,25
	Genética	Bos taurus	Bos indicus	Bos indicus	Bos taurus x Bos indicus	Bos indicus	Bos indicus	Bos indicus	Bos indicus	Bos indicus	Bos indicus

Categorías IPCC	Características Animal	Cundiboyacense	Sur Occidente	Orinoquía	Eje Cafetero y Valle del Cauca	Magdalena Medio	Santanderes	Sur Centro	Caribe Seco	Caribe húmedo	Selvas Tropicales e Islas
3.A.1.a.iv.7. Ganado de engorde	Peso Promedio (kg)	310	268,65	247	299,68	265	276,82	275	250	258	210
	Peso Adulto (kg)	660	600	600	660	600	600	600	600	600	550
	Producción diaria de leche (kg día^{-1})	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	Producción de leche por lactancia (kg)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	Contenido graso de leche (%)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	Ganancia de peso promedio (kg día^{-1})	0,5	0,4	0,3	0,4	0,46	0,38	0,4	0,35	0,38	0,25
	Genética	Bos taurus x Bos indicus	Bos indicus	Bos indicus	Bos indicus	Bos indicus	Bos indicus	Bos indicus	Bos indicus	Bos indicus	Bos indicus

2. *Caracterización de las dietas*: Este componente se estructuró utilizando la información georreferenciada de la base de datos AlimenTro (Nieto et al., 2020), complementada con el análisis bromatológico de los recursos alimenticios recopilados por el proyecto Ganadería Colombiana Sostenible de FEDEGAN. Los valores nutricionales incorporados al modelo para cada región y subcategoría se detallan en la Tabla 10-14.

   Tabla 10-14. Anexo 5.1: Caracterización de dietas y sistemas alimentarios de cada subcategoría en cada región.

Categorías IPCC	Características de la dieta y el sistema de alimentación	Cundiboyacense	Sur Occidente	Orinoquía	Eje Cafetero y Valle del Cauca	Magdalena Medio	Santanderes	Sur Centro	Caribe Seco	Caribe húmedo	Selvas Tropicales e Islas
3.A.1.a.iv.1. Vacas de alta producción	Sistema de alimentación	Pastoreo intensivo	Pastoreo intensivo	NA	Pastoreo intensivo	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	Relación pastura/suplemento	80 / 20	80 / 20	NA	80 / 20	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	Forraje	Kikuyo (Cenchrus clandestinus)	Kikuyo (Cenchrus clandestinus)	NA	Kikuyo (Cenchrus clandestinus)	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	Digestibilidad (%)	68,88	70,53	NA	69,61	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	GE (MJ kg MS^{-1})	17,6	17,23	NA	17,4	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	DE (MJ kg MS^{-1})	12,12	12,15	NA	12,12	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	NEm (MJ kg MS^{-1})	6,09	6,53	NA	6,19	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	FDN (%)	50,54	59,48	NA	47,34	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	FDA (%)	29,92	29,32	NA	27,18	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	Proteína (%)	19,98	12,83	NA	19,81	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	Ceniza de la dieta (%)	10,48	8,64	NA	11,1	NA	NA	NA	NA	NA	NA
3.A.1.a.iv.2. Vacas de baja producción	Sistema de alimentación	Pastoreo intensivo	Pastoreo intensivo	Pastoreo intensivo	Pastoreo intensivo	Pastoreo intensivo	Pastoreo intensivo	Pastoreo intensivo	Pastoreo intensivo	Pastoreo intensivo	Pastoreo intensivo
	Relación pastura/suplemento	90 / 10	90 / 10	90 / 10	90 /10	90 / 10	90 / 10	90 / 10	90 / 10	90 / 10	100 / 0
	Forraje	Kikuyo (Cenchrus clandestinus)	Estrella Africana (Cynodon plectostachyus)	Pasto alambre (Brachiaria decumbens)	Estrella Africana (Cynodon plectostachyus)	Pasto dulce (Brachiaria humidicola)	Pasto dulce (Brachiaria humidicola) y Guinea (Megathyrsus maximus)	Pasto alambre (Brachiaria decumbens)	Tanzania (Megathyrsus maximus)	Mombasa (Megathyrsus maximus)	Pasto alambre (Brachiaria decumbens)
	Digestibilidad (%)	67,4	63	61,65	61,49	65,67	59,95	60,65	63,99	61,21	63

Categorías IPCC	Características de la dieta y el sistema de alimentación	Cundiboyacense	Sur Occidente	Orinoquía	Eje Cafetero y Valle del Cauca	Magdalena Medio	Santanderes	Sur Centro	Caribe Seco	Caribe húmedo	Selvas Tropicales e Islas
	GE (MJ kg MS^{-1})	17,59	17,36	17,25	17,6	16,69	17,02	17,25	17,25	17,21	16,51
	DE (MJ kg MS^{-1})	11,86	10,95	10,64	10,84	10,96	10,2	10,45	11,02	10,53	10,4
	NEm (MJ kg MS^{-1})	5,87	5,15	4,93	4,87	5,51	4,65	4,78	5,31	4,85	5,06
	FDN (%)	52,68	59,08	58,68	60,45	61,84	57,37	60,08	53,59	58	66
	FDA (%)	31,29	32,47	31,09	35,36	40,42	32,49	30,25	29,34	29,31	43,4
	Proteína (%)	20,46	15,4	13,16	14,65	9,8	11,58	11,59	15,42	11,9	11,5
	Ceniza de la dieta (%)	10,89	9,25	9,74	7,29	9,9	11,27	7,08	11,27	10,14	11
3.A.1.a.iv.3. Vacas para producción de carne	Sistema de alimentación	Pastoreo extensivo	Pastoreo extensivo	Pastoreo extensivo	Pastoreo extensivo	Pastoreo extensivo	Pastoreo extensivo	Pastoreo extensivo	Pastoreo extensivo	Pastoreo extensivo	Pastoreo extensivo
	Relación pastura/suplemento	100 / 0	100 / 0	100 / 0	100 / 0	100 / 0	100 / 0	100 / 0	100 / 0	100 / 0	100 / 0
	Forraje	Pasto dulce (Brachiaria humidicola)	Pasto dulce (Brachiaria humidicola)	Guaratara (Axonopus purpusii)	Pasto alambre (Brachiaria decumbens)	Angleton (Dichanthium aristatum)	Guinea (Megathyrsus maximus)	Estrella Africana (Cynodon plectostachyus)	Colosuana (Bothriochloa pertusa)	Para (Brachiaria mutica)	Pasto alambre (Brachiaria decumbens)
	Digestibilidad (%)	60	60	54,64	57,04	58,57	60,28	60,83	55,6	60,01	55,95
	GE (MJ kg MS^{-1})	16,51	16,51	16,9	17,03	15,73	17,03	17,61	16,95	17,15	16,78
	DE (MJ kg MS^{-1})	9,9	9,9	9,25	9,71	9,2	10,25	10,71	9,41	10,29	9,41
	NEm (MJ kg MS^{-1})	4,58	4,58	3,81	4,23	4,48	4,73	4,81	3,97	4,69	4,02
	FDN (%)	69,8	69,8	65,37	63,97	61,42	59,67	65,29	62,3	61,15	62,02
	FDA (%)	46,2	46,2	37,8	31,22	27,56	31,18	33,65	35,56	34,86	36,39
	Proteína (%)	8	8	8,81	9,22	9,7	13,26	14,93	9,13	14,38	9,9
	Ceniza de la dieta (%)	10,1	10,1	7,86	8,41	7,87	12,67	10,72	10,55	10,42	10,03
3.A.1.a.iv.4. Toros utilizados	Sistema de alimentación	Pastoreo intensivo	Pastoreo extensivo	Pastoreo extensivo	Pastoreo intensivo	Pastoreo intensivo	Pastoreo extensivo	Pastoreo extensivo	Pastoreo extensivo	Pastoreo extensivo	Pastoreo extensivo

Categorías IPCC	Características de la dieta y el sistema de alimentación	Cundiboyacense	Sur Occidente	Orinoquía	Eje Cafetero y Valle del Cauca	Magdalena Medio	Santanderes	Sur Centro	Caribe Seco	Caribe húmedo	Selvas Tropicales e Islas
con fines reproductivos	Relación pastura/suplemento	100 / 0	100 / 0	100 / 0	100 / 0	100 / 0	100 / 0	100 / 0	100 / 0	100 / 0	100 / 0
	Forraje	Kikuyo (Cenchrus clandestinus)	Pasto dulce (Brachiaria humidicola)	Guaratara (Axonopus purpusii)	Estrella Africana (Cynodon plectostachyus)	Angleton (Dichanthium aristatum)	Pasto dulce (Brachiaria humidicola) y Guinea (Megathyrsus maximus)	Estrella Africana (Cynodon plectostachyus)	Colosuana (Bothriochloa pertusa)	Mombasa (Megathyrsus maximus)	Pasto alambre (Brachiaria decumbens)
	Digestibilidad (%)	64	60	54,64	59,36	58,57	57,65	60,83	55,6	59,05	55,95
	GE (MJ kg MS^{-1})	64	60	54,7	59,45	58,51	57,65	60,81	55,56	59,02	56,11
	DE (MJ kg MS^{-1})	10,91	9,9	9,25	10,46	9,2	9,77	10,71	9,41	10,13	9,41
	NEm (MJ kg MS^{-1})	5,53	4,58	3,81	4,54	4,48	4,29	4,81	3,97	4,52	4,02
	FDN (%)	68,7	69,8	65,37	63,46	61,42	60,04	65,29	62,3	60,73	62,02
	FDA (%)	32,6	46,2	37,8	37,18	27,56	33,99	33,65	35,56	30,45	36,39
	Proteína (%)	12	8	8,81	14,49	9,7	11,08	14,93	9,13	11,43	9,9
	Ceniza de la dieta (%)	9,1	10,1	7,86	7,3	7,87	11,72	10,72	10,55	10,46	10,03
3.A.1.a.iv.5. Terneros pre-destetos	Sistema de alimentación	Pastoreo intensivo	Pastoreo intensivo	Pastoreo intensivo	Pastoreo intensivo	Pastoreo intensivo	Pastoreo intensivo	Pastoreo intensivo	Pastoreo intensivo	Pastoreo intensivo	Pastoreo intensivo
	Relación pastura/suplemento	100 / 0	100 / 0	100 / 0	100 / 0	100 / 0	100 / 0	100 / 0	100 / 0	100 / 0	100 / 0
	Forraje	Kikuyo (Cenchrus clandestinus)	Pasto dulce (Brachiaria humidicola)	Guaratara (Axonopus purpusii)	Pasto alambre (Brachiaria decumbens)	Angleton (Dichanthium aristatum)	Pasto dulce (Brachiaria humidicola) y Guinea (Megathy	Pasto alambre (Brachiaria decumbens)	Colosuana (Bothriochloa pertusa)	Mombasa (Megathyrsus maximus)	Pasto alambre (Brachiaria decumbens)

Categorías IPCC	Características de la dieta y el sistema de alimentación	Cundiboyacense	Sur Occidente	Orinoquía	Eje Cafetero y Valle del Cauca	Magdalena Medio	Santanderes	Sur Centro	Caribe Seco	Caribe húmedo	Selvas Tropicales e Islas
							rsus maximus)				
	Digestibilidad (%)	64	60	54,64	57,04	58,57	57,65	58,43	55,6	59,05	55,95
	GE (MJ kg MS^{-1})	17,05	16,51	16,9	17,03	15,73	16,95	17,2	16,95	17,15	16,78
	DE (MJ kg MS^{-1})	10,91	9,9	9,25	9,71	9,2	9,77	10,04	9,41	10,13	9,41
	NEm (MJ kg MS^{-1})	5,53	4,58	3,81	4,23	4,48	4,29	4,44	3,97	4,52	4,02
	FDN (%)	68,7	69,8	65,37	63,97	61,42	60,04	63,04	62,3	60,73	62,02
	FDA (%)	32,6	46,2	37,8	31,22	27,56	33,99	31,5	35,56	30,45	36,39
	Proteína (%)	12	8	8,81	9,22	9,7	11,08	11,08	9,13	11,43	9,9
	Ceniza de la dieta (%)	9,1	10,1	7,86	8,41	7,87	11,72	7,06	10,55	10,46	10,03
3.A.1.a.iv.6. Novillas de reemplazo	Sistema de alimentación	Pastoreo intensivo	Pastoreo extensivo	Pastoreo extensivo	Pastoreo intensivo	Pastoreo intensivo	Pastoreo extensivo	Pastoreo extensivo	Pastoreo extensivo	Pastoreo extensivo	Pastoreo extensivo
	Relación pastura/suplemento	100 / 0	100 / 0	100 / 0	100 / 0	100 / 0	100 / 0	100 / 0	100 / 0	100 / 0	100 / 0
	Forraje	Kikuyo (Cenchrus clandestinus)	Pasto dulce (Brachiaria humidicola)	Guaratara (Axonopus purpusii)	Pasto alambre (Brachiaria decumbens)	Angleton (Dichanthium aristatum)	Pasto dulce (Brachiaria humidicola) y Guinea (Megathyrsus maximus)	Pasto alambre (Brachiaria decumbens)	Colosuana (Bothriochloa pertusa)	Mombasa (Megathyrsus maximus)	Pasto alambre (Brachiaria decumbens)
	Digestibilidad (%)	64	60	54,64	57,04	58,57	57,65	58,43	55,6	59,05	55,95
	GE (MJ kg MS^{-1})	17,05	16,51	16,9	17,03	15,73	16,95	17,2	16,95	17,15	16,78
	DE (MJ kg MS^{-1})	10,91	9,9	9,25	9,71	9,2	9,77	10,04	9,41	10,13	9,41

Categorías IPCC	Características de la dieta y el sistema de alimentación	Cundiboyacense	Sur Occidente	Orinoquía	Eje Cafetero y Valle del Cauca	Magdalena Medio	Santanderes	Sur Centro	Caribe Seco	Caribe húmedo	Selvas Tropicales e Islas
	NEm (MJ kg MS^{-1})	5,53	4,58	3,81	4,23	4,48	4,29	4,44	3,97	4,52	4,02
	FDN (%)	68,7	69,8	65,37	63,97	61,42	60,04	63,04	62,3	60,73	62,02
	FDA (%)	32,6	46,2	37,8	31,22	27,56	33,99	31,5	35,56	30,45	36,39
	Proteína (%)	12	8	8,81	9,22	9,7	11,08	11,08	9,13	11,43	9,9
	Ceniza de la dieta (%)	9,1	10,1	7,86	8,41	7,87	11,72	7,06	10,55	10,46	10,03
3.A.1.a.iv.7. Ganado de engorde	Sistema de alimentación	Pastoreo intensivo	Pastoreo intensivo	Pastoreo intensivo	Pastoreo intensivo	Pastoreo intensivo	Pastoreo intensivo	Pastoreo intensivo	Pastoreo intensivo	Pastoreo intensivo	Pastoreo intensivo
	Relación pastura/suplemento	100 / 0	100 / 0	100 / 0	100 / 0	100 / 0	100 / 0	100 / 0	100 / 0	100 / 0	100 / 0
	Forraje	Kikuyo (Cenchrus clandestinus)	Pasto dulce (Brachiaria humidicola)	Pasto alambre (Brachiaria decumbens)	Estrella Africana (Cynodon plectostachyus)	Angleton (Dichanthium aristatum)	Guinea (Megathyrsus maximus)	Pangóla (Digitaria eriantha)	Colosuana (Bothriochloa pertusa)	Mombasa (Megathyrsus maximus)	Pasto alambre (Brachiaria decumbens)
	Digestibilidad (%)	64	60	59,54	59,36	58,57	60,28	61,01	55,6	59,05	55,95
	GE (MJ kg MS^{-1})	17,05	16,51	17,2	17,59	15,73	17,03	17,57	16,95	17,15	16,78
	DE (MJ kg MS^{-1})	10,91	9,9	10,25	10,46	9,2	10,25	10,71	9,41	10,13	9,41
	NEm (MJ kg MS^{-1})	5,53	4,58	4,6	4,54	4,48	4,73	4,85	3,97	4,52	4,02
	FDN (%)	68,7	69,8	61,49	63,46	61,42	59,67	51,4	62,3	60,73	62,02
	FDA (%)	32,6	46,2	32,43	37,18	27,56	31,18	32,88	35,56	30,45	36,39
	Proteína (%)	12	8	12,83	14,49	9,7	13,26	14,85	9,13	11,43	9,9
	Ceniza de la dieta (%)	9,1	10,1	10,02	7,3	7,87	12,67	9,81	10,55	10,46	10,03

3. *Caracterización climática*: La temperatura media superficial se modeló mediante una regresión lineal en función de la altitud, utilizando el promedio climatológico multianual del periodo 1981-2010 (Tabla 10-15). La distribución espacial del modelo se realizó mediante álgebra de mapas a partir de un Modelo Digital de Elevación (DEM) de 90 metros (Jarvis et al., 2018). Posteriormente, la cartografía resultante se cruzó con el mapa de frontera agrícola de la UPRA (2018) para aislar y obtener la temperatura promedio normal exclusivamente en las áreas con actividad agropecuaria (Ideam et al., 2022).

Tabla 10-15. Anexo 5.1: Temperatura media superficial de cada una de las subregiones del país

Regiones de Colombia	Temperatura media (°C)
Cundiboyacense	16,3
Sur Occidente	21,8
Orinoquía	27,1
Eje Cafetero y Valle del Cauca	22,5
Magdalena Medio	26,9
Santanderes	21,8
Sur Centro	23,8
Caribe Seco	27,1
Caribe húmedo	27,6
Selvas Tropicales e Islas	27,4

4. *Cálculo de factores de emisión*: El factor de emisión de CH_4 representa la masa de este gas (kg) generada por un bovino, ya sea por fermentación entérica o derivada de la gestión del estiércol. Cuando es por fermentación entéricas, Su cálculo matemático relaciona la energía bruta consumida por el animal con el factor de conversión de CH_4 (Ym), el cual determina la proporción de dicha energía que se transforma en CH_4. La estimación del consumo energético es un proceso complejo que fluctúa según el biotipo genético, sexo, estado fisiológico y condiciones ambientales del entorno. Los fundamentos detallados para la determinación del Ym y los componentes metodológicos complementarios del modelo "AFOLU 1 Colombia" se presentan mediante un compendio de ecuaciones en la siguiente sección (Tabla 10-16).

Tabla 10-16. Anexo 5.1: Parámetros para determinar el Ym y complementos del modelo "AFOLU 1 Colombia"

Subcategoría	Año	Peso promedio del animal (kg)	Coeficiente de actividad, situación animal	Producción leche (kg día^{-1})	Coeficiente de gestación (%)	Digestibilidad de la dieta (%)	Promedio de tasa de conversión de CH_4 (Ym) (%)	Promedio de consumo de energía bruta (MJ cabeza día^{-1})	Factor de emisión implícito (kg CH_4.cabeza. año^{-1})
3.A.1.a.iv.1. Vacas de alta producción	1990-2000	526,82	0,17	10,03	10,00	69,57	6,49	194,97	82,44
	2001	529,63	0,17	10,11	10,00	69,43	6,43	196,95	82,60
	2002	529,37	0,17	10,10	10,00	69,44	6,43	196,72	82,58
	2003	529,38	0,17	10,11	10,00	69,44	6,43	196,78	82,59
	2004	529,07	0,17	10,10	10,00	69,46	6,44	196,58	82,58
	2005	528,72	0,17	10,07	10,00	69,47	6,45	196,21	82,54
	2006	528,38	0,17	10,04	10,00	69,49	6,46	195,90	82,51
	2007	528,51	0,17	10,03	10,00	69,48	6,46	195,90	82,51
	2008	528,56	0,17	10,03	10,00	69,47	6,46	195,96	82,51
	2009	528,14	0,17	10,00	10,00	69,49	6,47	195,57	82,47
	2010	528,10	0,17	10,00	10,00	69,49	6,47	195,55	82,47
	2011	527,82	0,17	9,99	10,00	69,51	6,47	195,33	82,45
	2012	527,80	0,17	9,99	10,00	69,51	6,47	195,31	82,45
	2013	527,76	0,17	9,99	10,00	69,51	6,47	195,30	82,45
	2014	527,24	0,17	10,01	10,00	69,54	6,48	195,10	82,44
	2015	527,19	0,17	10,01	10,00	69,54	6,48	195,08	82,44
	2016	521,51	0,17	9,95	10,00	69,83	6,59	191,53	82,17
	2017	527,86	0,17	10,01	10,00	69,51	6,47	195,47	82,47
	2018	528,46	0,17	10,08	10,00	69,49	6,45	196,14	82,54
	2019	528,41	0,17	10,06	10,00	69,49	6,45	196,01	82,52
	2020	528,45	0,17	10,08	10,00	69,49	6,45	196,13	82,54
	2021	528,35	0,17	10,06	10,00	69,49	6,46	195,98	82,52
	2022	528,35	0,17	10,06	10,00	69,49	6,46	195,98	82,52
	2023	528,35	0,17	10,06	10,00	69,49	6,46	195,98	82,52
	2024	528,35	0,17	10,06	10,00	69,49	6,46	195,98	82,52
3.A.1.a.iv.2. Vacas de baja producción	1990-2000	419,01	0,17	3,84	10,00	62,16	7,52	139,72	68,67
	2001	420,11	0,17	3,83	10,00	62,26	7,51	139,77	68,62
	2002	420,08	0,17	3,84	10,00	62,24	7,51	139,79	68,63
	2003	420,38	0,17	3,85	10,00	62,29	7,50	140,00	68,63
	2004	420,34	0,17	3,86	10,00	62,29	7,50	140,10	68,66
	2005	420,28	0,17	3,86	10,00	62,28	7,50	140,16	68,66
	2006	419,97	0,17	3,85	10,00	62,28	7,50	139,99	68,62
	2007	420,24	0,17	3,86	10,00	62,27	7,50	140,13	68,68
	2008	420,07	0,17	3,85	10,00	62,27	7,50	140,03	68,65
	2009	419,87	0,17	3,85	10,00	62,28	7,51	139,84	68,60
	2010	419,76	0,17	3,84	10,00	62,24	7,51	139,85	68,64

Subcategoría	Año	Peso promedio del animal (kg)	Coeficiente de actividad, situación animal	Producción leche (kg día^{-1})	Coeficiente de gestación (%)	Digestibilidad de la dieta (%)	Promedio de tasa de conversión de CH_4 (Ym) (%)	Promedio de consumo de energía bruta (MJ cabeza día^{-1})	Factor de emisión implícito (kg CH_4.cabeza. año^{-1})
	2011	419,72	0,17	3,84	10,00	62,21	7,51	139,97	68,71
	2012	419,79	0,17	3,85	10,00	62,23	7,51	139,96	68,70
	2013	419,41	0,17	3,83	10,00	62,20	7,52	139,77	68,66
	2014	419,41	0,17	3,85	10,00	62,18	7,51	140,00	68,74
	2015	419,67	0,17	3,86	10,00	62,21	7,51	140,07	68,74
	2016	417,43	0,17	3,79	10,00	61,95	7,54	139,27	68,69
	2017	420,07	0,17	3,86	10,00	62,15	7,51	140,26	68,86
	2018	420,72	0,17	3,87	10,00	62,23	7,51	140,41	68,88
	2019	420,75	0,17	3,87	10,00	62,21	7,51	140,50	68,92
	2020	420,63	0,17	3,86	10,00	62,18	7,51	140,45	68,95
	2021	420,19	0,17	3,85	10,00	62,19	7,52	140,12	68,83
	2022	420,19	0,17	3,85	10,00	62,19	7,52	140,12	68,83
	2023	420,19	0,17	3,85	10,00	62,19	7,52	140,12	68,83
	2024	420,19	0,17	3,85	10,00	62,19	7,52	140,12	68,83
3.A.1.a.iv.3. Vacas para producción de carne	1990-2000	393,20	0,36	1,39	10,00	57,08	7,72	140,49	71,16
	2001	395,23	0,36	1,40	10,00	57,22	7,72	140,62	71,22
	2002	396,23	0,36	1,41	10,00	57,31	7,72	140,71	71,26
	2003	396,61	0,36	1,41	10,00	57,38	7,72	140,72	71,26
	2004	396,67	0,36	1,41	10,00	57,37	7,72	140,78	71,29
	2005	396,62	0,36	1,41	10,00	57,37	7,72	140,81	71,31
	2006	396,13	0,36	1,41	10,00	57,32	7,72	140,81	71,31
	2007	395,78	0,36	1,41	10,00	57,30	7,72	140,74	71,27
	2008	395,33	0,36	1,41	10,00	57,26	7,72	140,71	71,26
	2009	394,70	0,36	1,40	10,00	57,19	7,72	140,72	71,26
	2010	394,33	0,36	1,40	10,00	57,16	7,72	140,70	71,26
	2011	393,78	0,36	1,39	10,00	57,14	7,72	140,54	71,19
	2012	393,64	0,36	1,39	10,00	57,11	7,72	140,58	71,20
	2013	392,96	0,36	1,39	10,00	57,04	7,72	140,52	71,17
	2014	393,34	0,36	1,39	10,00	57,11	7,72	140,49	71,16
	2015	393,22	0,36	1,39	10,00	57,06	7,72	140,61	71,21
	2016	392,90	0,36	1,38	10,00	57,00	7,73	140,59	71,24
	2017	393,50	0,36	1,39	10,00	57,08	7,73	140,60	71,23
	2018	393,32	0,36	1,38	10,00	57,09	7,72	140,51	71,18
	2019	393,27	0,36	1,38	10,00	57,06	7,72	140,59	71,22
	2020	393,34	0,36	1,38	10,00	57,10	7,73	140,51	71,19
	2021	393,10	0,36	1,38	10,00	57,08	7,72	140,48	71,17
	2022	393,10	0,36	1,38	10,00	57,08	7,72	140,48	71,17
	2023	393,10	0,36	1,38	10,00	57,08	7,72	140,48	71,17

Subcategoría	Año	Peso promedio del animal (kg)	Coeficiente de actividad, situación animal	Producción leche (kg día^{-1})	Coeficiente de gestación (%)	Digestibilidad de la dieta (%)	Promedio de tasa de conversión de CH_4 (Ym) (%)	Promedio de consumo de energía bruta (MJ cabeza día^{-1})	Factor de emisión implícito (kg CH_4.cabeza. año^{-1})
	2024	393,10	0,36	1,38	10,00	57,08	7,72	140,48	71,17
3.A.1.a.iv.4. Toros utilizados con fines reproductivos	1990-2000	610,46	0,32	NO	NO	57,56	7,46	157,61	76,97
	2001	614,68	0,31	NO	NO	58,06	7,49	155,65	76,32
	2002	614,67	0,31	NO	NO	58,10	7,49	155,63	76,35
	2003	614,35	0,31	NO	NO	58,08	7,49	155,63	76,30
	2004	613,43	0,32	NO	NO	57,97	7,48	155,96	76,38
	2005	613,08	0,32	NO	NO	57,96	7,48	156,11	76,44
	2006	613,42	0,32	NO	NO	57,98	7,48	156,04	76,44
	2007	613,58	0,32	NO	NO	58,02	7,48	155,99	76,42
	2008	614,42	0,31	NO	NO	58,10	7,49	155,78	76,42
	2009	612,67	0,32	NO	NO	57,87	7,47	156,48	76,57
	2010	612,94	0,32	NO	NO	57,87	7,47	156,47	76,54
	2011	611,65	0,32	NO	NO	57,83	7,47	156,72	76,65
	2012	610,54	0,32	NO	NO	57,70	7,46	157,15	76,77
	2013	610,56	0,32	NO	NO	57,65	7,47	157,38	76,94
	2014	608,93	0,33	NO	NO	57,66	7,46	157,17	76,79
	2015	610,22	0,32	NO	NO	57,56	7,46	157,71	77,05
	2016	611,81	0,32	NO	NO	57,74	7,48	157,21	77,02
	2017	612,70	0,32	NO	NO	57,87	7,49	156,74	76,85
	2018	610,54	0,32	NO	NO	57,71	7,47	156,91	76,77
	2019	610,48	0,32	NO	NO	57,62	7,46	157,32	76,87
	2020	610,27	0,32	NO	NO	57,56	7,46	157,38	76,87
	2021	610,15	0,32	NO	NO	57,55	7,46	157,43	76,90
	2022	610,15	0,32	NO	NO	57,55	7,46	157,43	76,90
	2023	610,15	0,32	NO	NO	57,55	7,46	157,43	76,90
	2024	610,15	0,32	NO	NO	57,55	7,46	157,43	76,90
3.A.1.a.iv.5. Terneros pre-destetos	1990-2000	97,26	0,17	NO	NO	57,58	8,82	41,69	18,01
	2001	97,07	0,17	NO	NO	57,76	8,79	41,46	17,86
	2002	96,98	0,17	NO	NO	57,74	8,79	41,45	17,85
	2003	97,14	0,17	NO	NO	57,81	8,78	41,55	17,87
	2004	97,22	0,17	NO	NO	57,80	8,78	41,62	17,89
	2005	97,22	0,17	NO	NO	57,75	8,78	41,65	17,92
	2006	97,21	0,17	NO	NO	57,78	8,77	41,66	17,90
	2007	97,25	0,17	NO	NO	57,77	8,78	41,64	17,91
	2008	97,26	0,17	NO	NO	57,74	8,78	41,67	17,93
	2009	97,27	0,17	NO	NO	57,73	8,79	41,64	17,93
	2010	97,18	0,17	NO	NO	57,67	8,80	41,63	17,94
	2011	97,44	0,17	NO	NO	57,66	8,80	41,78	18,01

Subcategoría	Año	Peso promedio del animal (kg)	Coeficiente de actividad, situación animal	Producción leche (kg día^{-1})	Coeficiente de gestación (%)	Digestibilidad de la dieta (%)	Promedio de tasa de conversión de CH_4 (Ym) (%)	Promedio de consumo de energía bruta (MJ cabeza día^{-1})	Factor de emisión implícito (kg CH_4.cabeza. año^{-1})
	2012	97,34	0,17	NO	NO	57,66	8,80	41,67	17,97
	2013	97,10	0,17	NO	NO	57,61	8,81	41,55	17,93
	2014	97,12	0,17	NO	NO	57,57	8,81	41,59	17,96
	2015	97,08	0,17	NO	NO	57,55	8,82	41,58	17,97
	2016	97,50	0,17	NO	NO	57,76	8,79	41,78	18,00
	2017	97,21	0,17	NO	NO	57,60	8,81	41,69	17,99
	2018	97,72	0,17	NO	NO	57,75	8,79	41,90	18,04
	2019	97,69	0,17	NO	NO	57,71	8,80	41,90	18,06
	2020	97,79	0,17	NO	NO	57,71	8,79	41,96	18,08
	2021	97,61	0,17	NO	NO	57,64	8,81	41,86	18,06
	2022	97,61	0,17	NO	NO	57,64	8,81	41,86	18,06
	2023	97,61	0,17	NO	NO	57,64	8,81	41,86	18,06
	2024	97,61	0,17	NO	NO	57,64	8,81	41,86	18,06
3.A.1.a.iv.6. Novillas de reemplazo	1990-2000	247,86	0,31	NO	NO	57,47	8,57	106,67	59,92
	2001	248,22	0,31	NO	NO	57,61	8,58	106,60	59,94
	2002	248,04	0,31	NO	NO	57,59	8,58	106,57	59,91
	2003	248,33	0,31	NO	NO	57,61	8,58	106,62	59,94
	2004	248,35	0,31	NO	NO	57,62	8,58	106,62	59,94
	2005	248,19	0,31	NO	NO	57,60	8,57	106,67	59,94
	2006	248,12	0,31	NO	NO	57,58	8,57	106,64	59,93
	2007	247,97	0,31	NO	NO	57,58	8,57	106,61	59,91
	2008	247,86	0,31	NO	NO	57,54	8,57	106,60	59,90
	2009	247,75	0,31	NO	NO	57,52	8,57	106,55	59,87
	2010	247,67	0,31	NO	NO	57,51	8,57	106,57	59,87
	2011	247,58	0,31	NO	NO	57,47	8,57	106,53	59,85
	2012	247,74	0,31	NO	NO	57,47	8,57	106,61	59,89
	2013	247,77	0,31	NO	NO	57,45	8,57	106,58	59,88
	2014	247,57	0,31	NO	NO	57,46	8,57	106,58	59,86
	2015	247,88	0,31	NO	NO	57,45	8,57	106,58	59,89
	2016	247,81	0,31	NO	NO	57,41	8,57	106,67	59,90
	2017	248,43	0,31	NO	NO	57,52	8,57	106,68	59,96
	2018	248,89	0,31	NO	NO	57,63	8,58	106,71	60,01
	2019	248,86	0,31	NO	NO	57,62	8,58	106,74	60,02
	2020	248,89	0,31	NO	NO	57,64	8,58	106,81	60,05
	2021	248,78	0,31	NO	NO	57,63	8,58	106,74	60,01
	2022	248,78	0,31	NO	NO	57,63	8,58	106,74	60,01
	2023	248,78	0,31	NO	NO	57,63	8,58	106,74	60,01
	2024	248,78	0,31	NO	NO	57,63	8,58	106,74	60,01

Subcategoría	Año	Peso promedio del animal (kg)	Coeficiente de actividad, situación animal	Producción leche (kg día^{-1})	Coeficiente de gestación (%)	Digestibilidad de la dieta (%)	Promedio de tasa de conversión de CH_4 (Ym) (%)	Promedio de consumo de energía bruta (MJ cabeza día^{-1})	Factor de emisión implícito (kg CH_4.cabeza. año^{-1})
3.A.1.a.iv.7. Ganado de engorde	1990-2000	268,82	0,17	NO	NO	59,51	8,77	96,25	55,17
	2001	269,08	0,17	NO	NO	59,44	8,73	96,39	55,02
	2002	269,27	0,17	NO	NO	59,47	8,73	96,43	55,05
	2003	269,13	0,17	NO	NO	59,45	8,74	96,44	55,10
	2004	269,41	0,17	NO	NO	59,44	8,73	96,59	55,14
	2005	269,64	0,17	NO	NO	59,43	8,72	96,77	55,20
	2006	269,76	0,17	NO	NO	59,45	8,73	96,75	55,20
	2007	269,68	0,17	NO	NO	59,47	8,73	96,69	55,18
	2008	269,29	0,17	NO	NO	59,43	8,74	96,64	55,19
	2009	269,10	0,17	NO	NO	59,42	8,74	96,54	55,16
	2010	268,90	0,17	NO	NO	59,45	8,75	96,34	55,09
	2011	268,18	0,17	NO	NO	59,41	8,76	96,09	55,00
	2012	267,89	0,17	NO	NO	59,43	8,76	95,90	54,94
	2013	267,72	0,17	NO	NO	59,44	8,77	95,76	54,90
	2014	267,64	0,17	NO	NO	59,41	8,77	95,83	54,91
	2015	267,65	0,17	NO	NO	59,43	8,77	95,76	54,92
	2016	271,14	0,17	NO	NO	59,81	8,78	96,85	55,62
	2017	268,17	0,17	NO	NO	59,49	8,77	95,81	54,95
	2018	268,97	0,17	NO	NO	59,57	8,77	96,09	55,08
	2019	268,58	0,17	NO	NO	59,54	8,77	96,04	55,04
	2020	268,77	0,17	NO	NO	59,56	8,76	96,11	55,01
	2021	268,89	0,17	NO	NO	59,55	8,76	96,20	55,08
	2022	268,89	0,17	NO	NO	59,55	8,76	96,20	55,08
	2023	268,89	0,17	NO	NO	59,55	8,76	96,20	55,08
	2024	268,89	0,17	NO	NO	59,55	8,76	96,20	55,08

Ecuaciones para determinar los factores de emisión de nivel 2 para emisiones por fermentación entérica (3.A), modelo AFOLU 1 Colombia

- Factores de emisión de CH_4 entérico para una categoría bovina con edad mayor a un año (Adaptado de IPCC (2019); V4, Ch10, Ecuación 10.21)

$$EF = \frac{GE_t * \left(\frac{Y_m}{100}\right) * PE}{55{,}65}$$

Donde: EF = factor de emisión (kg CH_4 cabeza $^{-1}$ año^{-1}); GE_t = consumo de energía bruta total para cada una de las categorías IPCC (Mj día^{-1}); Ym = factor de conversión en CH_4, porcentaje de la energía bruta del alimento convertida en CH_4. Se usa $Ym_{t>1}$ o $Ym_{t<1}$ de acuerdo con si el bovino es mayor ($Ym_{t>1}$) o menor a un año ($Ym_{t<1}$) y esta variable deber ser consecuente con el valor de PE; PE = para animales mayores a un año es igual a 365; para el caso de animales menores a un año es igual 273, y que la alimentación de estos se basa principalmente en leche para sus primeros 3 meses de vida (Church, 1993) y su fermentación entérica es reducida.

- Factor de conversión de CH_4 entérico para bovinos mayores a un año. (Adaptado de Ellis et al., 2007; Ecuación 10c.)

$$Y_{m>1} = \left(\frac{\left(3{,}41 + 0{,}52 * (CMS) - 0{,}996 * \left(CMS * \left(\frac{FDA}{100}\right)\right) + 1{,}15 * \left(CMS * \left(\frac{FDN}{100}\right)\right)\right) * 100}{GE_t} \right)$$

Dónde: $Y_{m>1}$ = factor de conversión de CH_4 entérico para bovinos mayores a un año (%); CMS = consumo de materia seca (kg día^{-1}); FDA = fibra en detergente acido de la dieta (%); FDN = fibra en detergente neutro de la dieta (%); GEt = consumo de energía bruta total para cada una de las categorías IPCC, Mj día^{-1}.

- Determinación del consumo de materia seca para bovinos mayores a un año. (Adaptado de Pickering & Wear, 2013cuación 12.)

$$CMS = GE_t / GE_{pd}$$

Dónde: CMS = consumo de materia seca en bovinos mayores de un año (kg día^{-1}); GE_t = consumo total de energía bruta (Mj día^{-1}); GE_{pd} = contenido de energía bruta de la dieta (MJ kg^{-1}).

- Factor de conversión de CH_4 entérico para bovinos menores a un año. (Adaptado de Ellis et al. 2007; Ecuación 10c.)

$$Y_{m<1} = \left(\frac{\left(3{,}41 + 0{,}52 * (CMS_p) - 0{,}996 * \left(CMS_p * \left(\frac{FDA}{100}\right)\right) + 1{,}15 * \left(CMS_p * \left(\frac{FDN}{100}\right)\right)\right) * 100}{(CMS_p * GE_{pd})} \right)$$

Dónde: $Y_{m<1}$ = factor de conversión de CH_4 entérico para bovinos menores a un año (%); CMS_p = consumo de materia seca potencial para bovinos menores de un año (kg día^{-1}); FDA = fibra en detergente acido de la dieta (%); FDN = fibra en detergente neutro de la dieta (%); GE_{pd} = contenido de energía bruta de la dieta (MJ kg^{-1}).

- Consumo de materia seca bovinos menores a un año (Adaptado de Fox et al., 2004; Tabla 11, Ecuación 2)

$$CMS_p = (((Peso + (Gan * 365)) * 0{,}96)\text{^}0{,}75) * ((((0{,}2435 * (NE_m/4{,}184)) - (0{,}0466 * ((NE_m/4{,}184)\text{^}2)) - 0{,}0869)/(NE_m/4{,}184)) * 1 * BI * Ajuste\ temp$$

Donde: CMSp = consumo de materia seca potencial (kg día^{-1}); Peso = peso promedio del animal tipo de acuerdo con la categoría IPCC (kg); Gan = ganancia de peso del animal (kg); NEm = energía neta de mantenimiento de la dieta (Mj kg^{-1}); BI = Ajuste de consumo por especie, 1.08 para *Bos Taurus*, 1.04 para cruces (*Bos Taurus x Bos indicus*) y 1 para *Bos indicus* ((Fox et al., 2004a) (Ecuaciones 17, 18 y 19, Tabla 11)); Ajuste temp = Ajuste del consumo de materia seca por temperatura ambiental.

- Ajuste por temperatura del consumo potencial de materia seca (Adaptado de Freer et al., 2012; Ecuación 5)

$$Ajuste\ temp = \left(1 - RCMS * (Temp - Temp_C)\right)$$

Donde: Ajuste temp = Ajuste del consumo de materia seca por temperatura ambiental; RCMS = reducción en el consumo de materia seca, 0,02 para *Bos Taurus*, 0,015 para cruces (*Bos Taurus* x *Bos indicus*) y 0,01 para Bos indicus (Freer et al., 2012 (Parámetro C_{15})); Temp = temperatura ambiental (°C), esta es la temperatura del área donde se encuentran los animales, esta área puede ser un municipio, un departamento o una región ganadera; $Temp_C$ = Es la temperatura critica superior (°C) del rango de confort térmico para las diferentes especies

animales, 16,00 para Bos Taurus, 20,00 para cruces *(Bos Taurus x Bos indicus)* y 25,00 para *Bos indicus* (Nazar, 1980).

- Consumo de energía bruta total para bovinos (Adaptado de IPCC (2019); V4, Ch10, Ecuación 10.16)

$$GE_t = \left[\frac{\left(\frac{NE_m + NE_a + NE_l + NE_{work} + NE_p}{REM}\right) + \left(\frac{NE_g}{REG}\right)}{\frac{DE_p}{100}} \right] - GE_{milk}$$

Donde: GE_t = consumo de energía bruta total para cada una de las categorías IPCC (Mj día^{-1}); NE_m = requerimiento de energía neta para mantenimiento (MJ día^{-1}); NE_a = requerimiento de energía neta para actividad física (MJ día^{-1}); NE_l = requerimiento de energía neta para lactancia (MJ día^{-1}); NE_{work} = requerimiento de energía neta para trabajo (MJ día^{-1}); NE_p = requerimiento de energía neta para gestación (MJ día^{-1}); REM = relación entre la energía disponible en una dieta para mantenimiento y la energía digerible consumida; NE_g = requerimiento de energía neta para ganancia de peso (MJ día^{-1}); REG = relación de conversión entre energía neta de ganancia de peso y energía digestible; DE_p = Energía digestible de la dieta expresada como % de la energía bruta; GE_{milk} = aporte de energía bruta de la leche suministrada al ternero (MJ día^{-1}).

- Energía neta para mantenimiento (Adaptado de IPCC (2019); V4, Ch10, Ecuación 10.3)

$$NE_m = \left((a_1 * 4{,}184) + a_2\right) * Peso^{0{,}75}$$

Donde: NE_m = requerimiento de energía neta para mantenimiento (MJ día^{-1}); a_1 = tasa metabólica basal, 0,073 para *Bos Taurus*, 0,069 para cruces *(Bos Taurus x Bos indicus)* y 0,064 para *Bos indicus* (Fox et al., 2004a (Pagina 2.3 y Tabla 2.1.)); a_2 = Ajuste por temperatura de la tasa metabólica basal; Peso = peso promedio del animal tipo de acuerdo con la categoría IPCC (kg).

- Ajuste por temperatura de la tasa metabólica basal (Adaptado de Fox et al. (2004a); Pagina 114)

$$a_2 = 0{,}0007 * (Temp_c - Temp)$$

Donde: a_2 = Ajuste por temperatura de la tasa metabólica basal; Temp = temperatura ambiental (°C), esta es la temperatura del área donde se encuentran los animales, esta área puede ser un municipio, un departamento o una región ganadera; $Temp_C$ = Es la temperatura critica superior (°C) del rango de confort térmico para las diferentes especies animales, 16 para *Bos Taurus*, 20 para cruces *(Bos Taurus x Bos indicus)* y 25 para *Bos indicus* (Nazar, 1980).

- Energía neta para actividad (IPCC (2019); V4, Ch10, Ecuación 10.4)

$$NE_a = Ca * NE\ m$$

Donde: NEa = requerimiento de energía neta para actividad física (MJ día-1); NEm = requerimiento de energía neta para mantenimiento (MJ día-1); Ca = constante correspondiente al sistema de alimentación animal, 0 para confinamiento o estabulación, 0.17 para pastoreo intensivo y 0.36 para pastoreo extensivo (IPCC (2019); Tabla 10.5).

- Energía neta para lactancia (IPCC (2019); V4, Ch10, Ecuación 10.8)

$$NE_l = Milk * (1{,}47 + 0{,}40 * Grasa)$$

Donde: NE_l = requerimiento de energía neta para lactancia (MJ día^{-1}); Grasa = contenido de grasa de la leche (%).

- Energía neta para trabajo (IPCC (2019); V4, Ch10, Ecuación 10.11)

$$NE_{work} = 0.10 *\ NE_m * Horas$$

Donde: NE_{work} = requerimiento de energía neta para trabajo (MJ día^{-1}); NE_m = requerimiento de energía neta para mantenimiento (MJ día^{-1}); Horas = Número de horas de trabajo al año.

- Energía neta para gestación (IPCC (2019); V4, Ch10, Ecuación 10.13)

$$NE_p = 0{,}10 *\ NE_m$$

Donde: NE_p = requerimiento de energía neta para gestación (MJ día^{-1}); NE_m = requerimiento de energía neta para mantenimiento (MJ día^{-1}).

- Relación entre la energía disponible en una dieta para mantenimiento y la energía digerible consumida (IPCC (2019); V4, Ch10, Ecuación 10.14)

$$REM = \left(1{,}123 - \left(4.092 * 0{,}001 * DE_p\right) + \left(1{,}126 * 0{,}00001 * \left(DE_p^2\right)\right) - \left(\frac{25{,}4}{DE_p}\right)\right)$$

Donde: REM = relación entre la energía disponible en una dieta para mantenimiento y la energía digerible consumida; DE_p = Energía digestible de la dieta expresada como % de la energía bruta.

- Energía neta para ganancia de peso (IPCC (2019); V4, Ch10, Ecuación 10.6)

$$NE_g = \left(22{,}02 * \left(\left(\frac{Peso}{C * PesoA}\right)^{0{,}75}\right) * (Gan^{1{,}097})\right)$$

Donde: NE_g = requerimiento de energía neta para ganancia de peso (MJ día^{-1}); Peso = peso promedio del animal tipo de acuerdo con la categoría IPCC (kg); C = coeficiente de condición sexual, 0,80 para hembras, 1,00 para machos castrados y 1,20 para toros de reproducción (IPCC (2019) (Página 10.24)); PesoA = peso adulto promedio del animal tipo de acuerdo con la categoría IPCC (kg); Gan = ganancia de peso del animal (kg).

- Relación entre la energía disponible en una dieta para crecimiento y la energía digerible consumida (IPCC (2019); V4, Ch10, Ecuación 10.15)

$$REG = \left(1{,}164 - \left(5{,}16 * 0{,}001 * DE_p\right) + \left(1{,}308 * 0{,}00001 * \left(DE_p^2\right)\right) - \left(\frac{37{,}4}{DE_p}\right)\right)$$

Donde: REG = relación entre la energía disponible en una dieta para crecimiento y la energía digerible consumida; DE_p = Energía digestible de la dieta expresada como % de la energía bruta.

- Energía digestible de la dieta expresada como % de la energía bruta (Adaptado de IPCC (2019); V4, Ch10)

$$DE_p = \left(\frac{DE}{GE}\right) * 100$$

Donde: DE_p = Energía digestible de la dieta expresada como % de la energía bruta; DE = Energía digestible de la dieta (MJ kg^{-1}); GE = Energía bruta de la dieta (Mj kg^{-1}).

- Energía bruta de la leche suministrada al ternero (Adaptado de Tyrrell & Reid, 1965, Tabla 4, Ecuación 4)

$$GE_{milk} = \left(\frac{Leche}{365}\right) * \left(\left(\frac{(44{,}01 * Grasa + 163.56) * 4{,}184}{0{,}4536}\right) * 0{,}001\right)$$

Donde: GE_{milk} = aporte de energía bruta de la leche suministrada al ternero (MJ día^{-1}); Leche = total de leche que se le suministra al ternero durante el amamantamiento o lactancia (kg); Grasa = contenido de la grasa de la leche (%).

Anexo 5.2. Parámetros para los sistemas de gestión de estiércol (3.B.)

Tabla 10-17. Anexo 5.2: Distribución de los sistemas de gestión de estiércol (%)

Subcategoría	Escala	Laguna anaerobia descubierta	Estiércol líquido < 1 mes	Almacenamiento solido	Lote seco	Aspersión diaria	Digestión anaeróbica	Pasturas	Total, gestión de estiércol
Vacas de alta producción (3.A.1.a.iv.1; 3.B.1.a.iv.1)	Caribe húmedo	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	Caribe Seco	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	Cundiboyacense	7	NA	NA	NA	NA	NA	93	100
	Eje Cafetero y Valle del Cauca	7	NA	NA	NA	NA	NA	93	100
	Magdalena Medio	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	Orinoquía	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	Santanderes	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	Selvas tropicales e Islas	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	Sur Centro	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	Sur Occidente	7	NA	NA	NA	NA	NA	93	100
Vacas de baja producción (3.A.1.a.iv.2; 3.B.1.a.iv.2)	Caribe húmedo	NA	NA	NA	5	NA	NA	95	100
	Caribe Seco	NA	NA	NA	5	NA	NA	95	100
	Cundiboyacense	NA	NA	NA	5	NA	NA	95	100
	Eje Cafetero y Valle del Cauca	NA	NA	NA	5	NA	NA	95	100
	Magdalena Medio	NA	NA	NA	5	NA	NA	95	100
	Orinoquía	NA	NA	NA	5	NA	NA	95	100
	Santanderes	NA	NA	NA	5	NA	NA	95	100
	Selvas tropicales e Islas	NA	NA	NA	5	NA	NA	95	100
	Sur Centro	NA	NA	NA	5	NA	NA	95	100
	Sur Occidente	NA	NA	NA	5	NA	NA	95	100
Vacas para producción de carne(3.A.1.a.iv.3; 3.B.1.a.iv.3); Toros utilizados con fines reproductivos (3.A.1.a.iv.4; 3.B.1.a.iv.4); Terneros pre-destetos (3.A.1.a.iv.5; 3.B.1.a.iv.5); Novillas de reemplazo (3.A.1.a.iv.6; 3.B.1.a.iv.6); Ganado de engorde (3.A.1.a.iv.7; 3.B.1.a.iv.7)	Caribe húmedo	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100	100
	Caribe Seco	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100	100
	Cundiboyacense	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100	100
	Eje Cafetero y Valle del Cauca	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100	100
	Magdalena Medio	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100	100
	Orinoquía	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100	100
	Santanderes	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100	100
	Selvas tropicales e Islas	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100	100
	Sur Centro	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100	100
	Sur Occidente	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100	100

Subcategoría	Escala	Laguna anaerobia descubierta	Estiércol líquido < 1 mes	Almacenamiento solido	Lote seco	Aspersión diaria	Digestión anaeróbica	Pasturas	Total, gestión de estiércol
Ovinos (3.A.2.a.i; 3.B.2.a.i)	Nacional	NA	NA	NA	30	NA	NA	70	100
Porcinos < 6 meses (3.B.3.a.i; 3.B.5.c.i); Porcinos > 6 meses (3.B.3.a.ii; 3.B.5.c.ii)	Amazonas	11	34	12	41	2	NA	NA	100
	Antioquia	NA	87	9	NA	NA	4	NA	100
	Arauca	11	34	12	41	2	NA	NA	100
	Archipiélago de San Andrés y Providencia	11	34	12	41	2	NA	NA	100
	Atlántico	23	56	13	NA	1	7	NA	100
	Bogotá, D. C.	11	34	12	41	2	NA	NA	100
	Bolívar	4	60	34	NA	NA	2	NA	100
	Boyacá	NA	54	39	NA	NA	7	NA	100
	Caldas	NA	46	29	NA	2	23	NA	100
	Caquetá	NA	100	NA	NA	NA	NA	NA	100
	Casanare	NA	25	61	NA	13	1	NA	100
	Cauca	NA	44	26	NA	1	29	NA	100
	Cesar	26	36	5	NA	11	22	NA	100
	Choco	NA	100	NA	NA	NA	NA	NA	100
	Córdoba	25	39	19	1	NA	16	NA	100
	Cundinamarca	NA	48	50	NA	NA	2	NA	100
	Guainía	11	34	12	41	2	NA	NA	100
	Guaviare	11	34	12	41	2	NA	NA	100
	Huila	37	42	10	NA	NA	11	NA	100
	La Guajira	11	34	12	41	2	NA	NA	100
	Magdalena	40	43	8	NA	9	NA	NA	100
	Meta	1	45	38	1	10	5	NA	100
	Nariño	NA	32	31	NA	3	34	NA	100
	Norte de Santander	NA	28	13	NA	45	14	NA	100
	Putumayo	11	34	12	41	2	NA	NA	100
	Quindío	NA	65	17	NA	NA	18	NA	100
	Risaralda	NA	48	21	NA	NA	31	NA	100
	Santander	NA	55	25	NA	13	7	NA	100
	Sucre	NA	71	27	NA	NA	2	NA	100
	Tolima	14	25	34	NA	NA	27	NA	100
	Valle del Cauca	8	30	24	NA	12	26	NA	100
	Vaupés	11	34	12	41	2	NA	NA	100
	Vichada	11	34	12	41	2	NA	NA	100
Porcinos baja productividad (3.B.3.a.iii; 3.B.5.c.iii)	Amazonas	5	50	15	15	10	5	NA	100
	Antioquia	5	50	15	15	10	5	NA	100
	Arauca	5	50	15	15	10	5	NA	100

Subcategoría	Escala	Laguna anaerobia descubierta	Estiércol líquido < 1 mes	Almacenamiento solido	Lote seco	Aspersión diaria	Digestión anaeróbica	Pasturas	Total, gestión de estiércol
	Archipiélago de San Andrés y providencia	5	50	15	15	10	5	NA	100
	Atlántico	5	50	15	15	10	5	NA	100
	Bogotá, D. C.	5	50	15	15	10	5	NA	100
	Bolívar	5	50	15	15	10	5	NA	100
	Boyacá	5	50	15	15	10	5	NA	100
	Caldas	5	50	15	15	10	5	NA	100
	Caquetá	5	50	15	15	10	5	NA	100
	Casanare	5	50	15	15	10	5	NA	100
	Cauca	5	50	15	15	10	5	NA	100
	Cesar	5	50	15	15	10	5	NA	100
	Choco	5	50	15	15	10	5	NA	100
	Córdoba	5	50	15	15	10	5	NA	100
	Cundinamarca	5	50	15	15	10	5	NA	100
	Guainía	5	50	15	15	10	5	NA	100
	Guaviare	5	50	15	15	10	5	NA	100
	Huila	5	50	15	15	10	5	NA	100
	La Guajira	5	50	15	15	10	5	NA	100
	Magdalena	5	50	15	15	10	5	NA	100
	Meta	5	50	15	15	10	5	NA	100
	Nariño	5	50	15	15	10	5	NA	100
	Norte de Santander	5	50	15	15	10	5	NA	100
	Putumayo	5	50	15	15	10	5	NA	100
	Quindío	5	50	15	15	10	5	NA	100
	Risaralda	5	50	15	15	10	5	NA	100
	Santander	5	50	15	15	10	5	NA	100
	Sucre	5	50	15	15	10	5	NA	100
	Tolima	5	50	15	15	10	5	NA	100
	Valle del Cauca	5	50	15	15	10	5	NA	100
	Vaupés	5	50	15	15	10	5	NA	100
	Vichada	5	50	15	15	10	5	NA	100
Búfalos (3.B.4.a; 3.B.5.d.i)	Nacional	NA	NA	NA	5	NA	NA	95	100
Caprinos (3.B.4.d; 3.B.5.d.ii)	Nacional	NA	NA	NA	30	NA	NA	70	100
Caballos (3.B.4.e; 3.B.5.d.iii)	Antioquia	NA	NA	40	NA	NA	NA	60	100
	Arauca	NA	NA	10	NA	NA	NA	90	100
	Archipiélago de San Andrés y Providencia	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100	100
	Atlántico	NA	NA	10	NA	NA	NA	90	100

Subcategoría	Escala	Laguna anaerobia descubierta	Estiércol líquido < 1 mes	Almacenamiento solido	Lote seco	Aspersión diaria	Digestión anaeróbica	Pasturas	Total, gestión de estiércol
	Bogotá, D. C.	NA	NA	40	NA	NA	NA	60	100
	Bolívar	NA	NA	10	NA	NA	NA	90	100
	Boyacá	NA	NA	40	NA	NA	NA	60	100
	Caldas	NA	NA	40	NA	NA	NA	60	100
	Caquetá	NA	NA	20	NA	NA	NA	80	100
	Casanare	NA	NA	10	NA	NA	NA	90	100
	Cauca	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100	100
	Cesar	NA	NA	10	NA	NA	NA	90	100
	Choco	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100	100
	Córdoba	NA	NA	10	NA	NA	NA	90	100
	Cundinamarca	NA	NA	40	NA	NA	NA	60	100
	Guainía	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100	100
	Guaviare	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100	100
	Huila	NA	NA	20	NA	NA	NA	80	100
	La Guajira	NA	NA	10	NA	NA	NA	90	100
	Magdalena	NA	NA	10	NA	NA	NA	90	100
	Meta	NA	NA	10	NA	NA	NA	90	100
	Nariño	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100	100
	Norte de Santander	NA	NA	30	NA	NA	NA	70	100
	Putumayo	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100	100
	Quindío	NA	NA	40	NA	NA	NA	60	100
	Risaralda	NA	NA	40	NA	NA	NA	60	100
	Santander	NA	NA	30	NA	NA	NA	70	100
	Sucre	NA	NA	10	NA	NA	NA	90	100
	Tolima	NA	NA	20	NA	NA	NA	80	100
	Valle del Cauca	NA	NA	40	NA	NA	NA	60	100
	Vaupés	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100	100
	Vichada	NA	NA	10	NA	NA	NA	90	100
Mulas y asnos (3.B.4.f; 3.B.5.d.iv)	Nacional	NA	NA	10	NA	NA	NA	90	100
Ponedoras (3.B.4.h.v.1; 3.B.5.d.v.1)	Nacional	NA	NA	100	NA	NA	NA	NA	100
Pollos de engorde (3.B.4.h.v.2; 3.B.5.d.v.2)	Nacional	NA	NA	100	NA	NA	NA	NA	100

Tabla 10-18. Anexo 5.2: EFVS por sistema de gestión de ganado bovino (g CH_4 Kg VS). IPCC 2019, Tabla 10.14, ajustado por ecuaciones, considerando temperatura

Subcategoría	Año	Peso promedio del animal (kg)	Laguna anaerobia descubierta	Estiércol líquido < 1 mes	Almacenamiento de sólidos	Lote seco	Potreros	Aspersión diaria	Digestión anaeróbica - Biogás
3.B.1.a.iv.1. Vacas de alta Producción	1990-2000	526,8	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2001	529,6	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2002	529,4	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2003	529,4	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2004	529,1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2005	528,7	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2006	528,4	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2007	528,5	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2008	528,6	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2009	528,1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2010	528,1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2011	527,8	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2012	527,8	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2013	527,8	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2014	527,2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2015	527,2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2016	521,5	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2017	527,9	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2018	528,5	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2019	528,4	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2020	528,5	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2021	528,4	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2022	528,4	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2023	528,4	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2024	528,4	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
3.B.1.a.iv.2. Vacas de baja Producción	1990-2000	419,0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2001	420,1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2002	420,1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2003	420,4	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2004	420,3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2005	420,3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2006	420,0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2007	420,2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2008	420,1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

Subcategoría	Año	Peso promedio del animal (kg)	Laguna anaerobia descubierta	Estiércol líquido < 1 mes	Almacenamiento de sólidos	Lote seco	Potreros	Aspersión diaria	Digestión anaeróbica - Biogás
	2009	419,9	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2010	419,8	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2011	419,7	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2012	419,8	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2013	419,4	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2014	419,4	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2015	419,7	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2016	417,4	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2017	420,1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2018	420,7	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2019	420,8	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2020	420,6	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2021	420,2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2022	420,2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2023	420,2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2024	420,2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
3.B.1.a.iv.3. Vacas para producción de carne	1990-2000	393,2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2001	395,2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2002	396,2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2003	396,6	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2004	396,7	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2005	396,6	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2006	396,1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2007	395,8	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2008	395,3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2009	394,7	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2010	394,3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2011	393,8	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2012	393,6	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2013	393,0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2014	393,3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2015	393,2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2016	392,9	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2017	393,5	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2018	393,3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2019	393,3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2020	393,3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

Subcategoría	Año	Peso promedio del animal (kg)	Laguna anaerobia descubierta	Estiércol líquido < 1 mes	Almacenamiento de sólidos	Lote seco	Potreros	Aspersión diaria	Digestión anaeróbica - Biogás
	2021	393,1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2022	393,1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2023	393,1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2024	393,1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
3.B.1.a.iv.4. Toros utilizados con fines reproductivos	1990-2000	610,5	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2001	614,7	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2002	614,7	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2003	614,4	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2004	613,4	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2005	613,1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2006	613,4	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2007	613,6	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2008	614,4	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2009	612,7	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2010	612,9	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2011	611,7	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2012	610,5	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2013	610,6	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2014	608,9	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2015	610,2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2016	611,8	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2017	612,7	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2018	610,5	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2019	610,5	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2020	610,3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2021	610,2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2022	610,2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2023	610,2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2024	610,2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
3.B.1.a.iv.5. Terneros pre-destetos	1990-2000	97,3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2001	97,1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2002	97,0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2003	97,1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2004	97,2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2005	97,2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2006	97,2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

Subcategoría	Año	Peso promedio del animal (kg)	Laguna anaerobia descubierta	Estiércol líquido < 1 mes	Almacenamiento de sólidos	Lote seco	Potreros	Aspersión diaria	Digestión anaeróbica - Biogás
	2007	97,3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2008	97,3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2009	97,3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2010	97,2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2011	97,4	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2012	97,3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2013	97,1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2014	97,1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2015	97,1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2016	97,5	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2017	97,2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2018	97,7	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2019	97,7	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2020	97,8	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2021	97,6	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2022	97,6	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2023	97,6	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2024	97,6	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
3.B.1.a.iv.6. Novillas de reemplazo	1990-2000	247,9	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2001	248,2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2002	248,0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2003	248,3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2004	248,4	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2005	248,2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2006	248,1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2007	248,0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2008	247,9	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2009	247,8	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2010	247,7	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2011	247,6	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2012	247,7	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2013	247,8	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2014	247,6	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2015	247,9	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2016	247,8	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2017	248,4	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2018	248,9	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

Subcategoría	Año	Peso promedio del animal (kg)	Laguna anaerobia descubierta	Estiércol líquido < 1 mes	Almacenamiento de sólidos	Lote seco	Potreros	Aspersión diaria	Digestión anaeróbica - Biogás
	2019	248,9	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2020	248,9	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2021	248,8	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2022	248,8	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2023	248,8	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2024	248,8	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
3.B.1.a.iv.7. Ganado de engorde	1990-2000	268,8	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2001	269,1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2002	269,3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2003	269,1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2004	269,4	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2005	269,6	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2006	269,8	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2007	269,7	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2008	269,3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2009	269,1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2010	268,9	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2011	268,2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2012	267,9	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2013	267,7	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2014	267,6	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2015	267,7	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2016	271,1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2017	268,2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2018	269,0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2019	268,6	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2020	268,8	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2021	268,9	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2022	268,9	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2023	268,9	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2024	268,9	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
3.B.2.a.i. Ovinos	1990	24,0	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	1991	24,0	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	1992	24,0	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	1993	24,0	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	1994	24,0	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	1995	24,0	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA

Subcategoría	Año	Peso promedio del animal (kg)	Laguna anaerobia descubierta	Estiércol líquido < 1 mes	Almacenamiento de sólidos	Lote seco	Potreros	Aspersión diaria	Digestión anaeróbica - Biogás
	1996	24,0	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	1997	24,0	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	1998	24,0	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	1999	24,0	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	2000	24,0	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	2001	24,0	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	2002	24,0	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	2003	24,0	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	2004	24,0	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	2005	24,0	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	2006	24,0	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	2007	24,0	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	2008	24,0	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	2009	24,0	NA	NA	NA	1,6	0,6	NA	NA
	2010	24,0	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	2011	24,0	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	2012	24,0	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	2013	24,0	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	2014	24,0	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	2015	24,0	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	2016	24,0	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	2017	24,0	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	2018	24,0	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	2019	24,0	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	2020	24,0	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	2021	24,0	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	2022	24,0	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	2023	24,0	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	2024	24,0	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
3.B.3.a.i. Porcinos < 6 meses	1990	59,0	231,0	81,1	14,7	5,9	NA	2,9	7,0
	1991	59,0	231,0	81,1	14,7	5,9	NA	2,9	7,0
	1992	59,0	231,0	81,1	14,7	5,9	NA	2,9	7,0
	1993	59,0	231,0	81,1	14,7	5,9	NA	2,9	7,0
	1994	59,0	231,0	81,1	14,7	5,9	NA	2,9	7,0
	1995	59,0	231,0	81,5	14,7	5,9	NA	2,9	7,0
	1996	59,0	231,0	81,3	14,7	5,9	NA	2,9	7,0
	1997	59,0	231,0	81,1	14,7	5,9	NA	2,9	7,0
	1998	59,0	231,0	81,1	14,7	5,9	NA	2,9	7,0

Subcategoría	Año	Peso promedio del animal (kg)	Laguna anaerobia descubierta	Estiércol líquido < 1 mes	Almacenamiento de sólidos	Lote seco	Potreros	Aspersión diaria	Digestión anaeróbica - Biogás
	1999	59,0	231,0	81,3	14,7	5,9	NA	2,9	7,0
	2000	59,0	231,0	81,5	14,7	5,9	NA	2,9	7,0
	2001	59,0	231,0	81,5	14,7	5,9	NA	2,9	7,0
	2002	59,0	231,0	81,5	14,7	5,9	NA	2,9	7,0
	2003	59,0	231,0	81,2	14,7	5,9	NA	2,9	7,0
	2004	59,0	231,0	81,5	14,7	5,9	NA	2,9	7,0
	2005	59,0	230,5	79,9	14,6	5,8	NA	2,9	7,0
	2006	59,0	231,3	82,7	14,7	5,9	NA	2,9	7,0
	2007	59,0	230,9	81,0	14,7	5,9	NA	2,9	7,0
	2008	59,0	231,0	81,6	14,7	5,9	NA	2,9	7,0
	2009	59,0	230,5	79,4	14,7	5,9	NA	2,9	7,0
	2010	59,0	230,8	80,7	14,7	5,9	NA	2,9	7,0
	2011	59,0	231,1	81,7	14,7	5,9	NA	2,9	7,0
	2012	59,0	231,2	82,2	14,7	5,9	NA	2,9	7,0
	2013	59,0	231,3	82,5	14,7	5,9	NA	2,9	7,0
	2014	59,0	230,9	81,2	14,7	5,9	NA	2,9	7,0
	2015	59,0	231,3	82,6	14,7	5,8	NA	2,9	7,0
	2016	59,0	231,6	84,0	14,7	5,9	NA	2,9	7,0
	2017	59,0	231,5	83,4	14,7	5,9	NA	2,9	7,0
	2018	59,0	231,7	84,2	14,7	5,9	NA	2,9	7,0
	2019	59,0	231,8	84,7	14,7	5,9	NA	2,9	7,0
	2020	59,0	231,7	84,3	14,7	5,9	NA	2,9	7,0
	2021	59,0	233,3	92,4	14,8	5,9	NA	3,0	7,0
	2022	59,0	233,3	92,4	14,8	5,9	NA	3,0	7,0
	2023	59,0	233,3	92,4	14,8	5,9	NA	3,0	7,0
	2024	59,0	233,3	92,4	14,8	5,9	NA	3,0	7,0
3.B.3.a.ii. Porcinos > 6 meses	1990	205,0	231,4	83,6	14,7	5,9	NA	2,9	7,0
	1991	205,0	231,4	83,6	14,7	5,9	NA	2,9	7,0
	1992	205,0	231,4	83,6	14,7	5,9	NA	2,9	7,0
	1993	205,0	231,4	83,6	14,7	5,9	NA	2,9	7,0
	1994	205,0	231,4	83,6	14,7	5,9	NA	2,9	7,0
	1995	205,0	231,5	84,1	14,7	5,9	NA	2,9	7,0
	1996	205,0	231,5	83,9	14,7	5,9	NA	2,9	7,0
	1997	205,0	231,4	83,6	14,7	5,9	NA	2,9	7,0
	1998	205,0	231,4	83,6	14,7	5,9	NA	2,9	7,0
	1999	205,0	231,5	83,8	14,7	5,9	NA	2,9	7,0
	2000	205,0	231,5	84,0	14,7	5,9	NA	2,9	7,0
	2001	205,0	231,5	84,1	14,7	5,9	NA	2,9	7,0

Subcategoría	Año	Peso promedio del animal (kg)	Laguna anaerobia descubierta	Estiércol líquido < 1 mes	Almacenamiento de sólidos	Lote seco	Potreros	Aspersión diaria	Digestión anaeróbica - Biogás
	2002	205,0	231,5	84,0	14,7	5,9	NA	2,9	7,0
	2003	205,0	231,4	83,7	14,7	5,9	NA	2,9	7,0
	2004	205,0	231,5	84,0	14,7	5,9	NA	2,9	7,0
	2005	205,0	231,5	85,0	14,7	5,8	NA	2,9	7,0
	2006	205,0	231,8	85,7	14,7	5,9	NA	2,9	7,0
	2007	205,0	231,4	83,8	14,7	5,9	NA	2,9	7,0
	2008	205,0	231,7	85,2	14,7	5,9	NA	2,9	7,0
	2009	205,0	231,2	82,9	14,7	5,9	NA	2,9	7,0
	2010	205,0	231,4	83,6	14,7	5,9	NA	2,9	7,0
	2011	205,0	231,6	84,4	14,7	5,9	NA	2,9	7,0
	2012	205,0	231,6	84,5	14,7	5,9	NA	2,9	7,0
	2013	205,0	231,8	85,3	14,8	5,9	NA	2,9	7,0
	2014	205,0	231,4	83,7	14,7	5,9	NA	2,9	7,0
	2015	205,0	232,5	88,7	14,8	5,9	NA	2,9	7,0
	2016	205,0	232,8	90,2	14,8	5,9	NA	2,9	7,0
	2017	205,0	232,2	86,9	14,8	5,9	NA	2,9	7,0
	2018	205,0	231,4	83,9	14,7	5,8	NA	2,9	7,0
	2019	205,0	231,6	84,8	14,7	5,9	NA	2,9	7,0
	2020	205,0	231,7	84,8	14,7	5,9	NA	2,9	7,0
	2021	205,0	234,3	98,0	14,8	5,9	NA	3,0	7,0
	2022	205,0	234,3	98,0	14,8	5,9	NA	3,0	7,0
	2023	205,0	234,3	98,0	14,8	5,9	NA	3,0	7,0
	2024	205,0	234,3	98,0	14,8	5,9	NA	3,0	7,0
3.B.3.a.iii. Porcinos baja productividad	1990	121,0	150,9	63,1	14,8	3,8	NA	1,9	21,2
	1991	121,0	150,9	63,1	14,8	3,8	NA	1,9	21,2
	1992	121,0	150,9	63,1	14,8	3,8	NA	1,9	21,2
	1993	121,0	150,9	63,1	14,8	3,8	NA	1,9	21,2
	1994	121,0	150,9	63,1	14,8	3,8	NA	1,9	21,2
	1995	121,0	151,4	65,6	14,9	3,8	NA	1,9	21,2
	1996	121,0	151,2	64,5	14,8	3,8	NA	1,9	21,2
	1997	121,0	150,9	63,1	14,8	3,8	NA	1,9	21,2
	1998	121,0	150,9	63,1	14,8	3,8	NA	1,9	21,2
	1999	121,0	151,2	64,4	14,8	3,8	NA	1,9	21,2
	2000	121,0	151,4	65,3	14,9	3,8	NA	1,9	21,2
	2001	121,0	151,4	65,4	14,9	3,8	NA	1,9	21,2
	2002	121,0	151,4	65,2	14,9	3,8	NA	1,9	21,2
	2003	121,0	151,0	63,6	14,8	3,8	NA	1,9	21,2
	2004	121,0	151,3	65,1	14,9	3,8	NA	1,9	21,2

Subcategoría	Año	Peso promedio del animal (kg)	Laguna anaerobia descubierta	Estiércol líquido < 1 mes	Almacenamiento de sólidos	Lote seco	Potreros	Aspersión diaria	Digestión anaeróbica - Biogás
	2005	121,0	151,5	66,2	14,8	3,8	NA	1,9	21,2
	2006	121,0	151,5	65,6	14,8	3,8	NA	1,9	21,2
	2007	121,0	151,2	64,4	14,8	3,8	NA	1,9	21,2
	2008	121,0	152,2	69,5	14,9	3,8	NA	1,9	21,2
	2009	121,0	151,9	68,2	14,9	3,8	NA	1,9	21,2
	2010	121,0	151,9	67,8	14,9	3,8	NA	1,9	21,2
	2011	121,0	151,5	65,8	14,9	3,8	NA	1,9	21,2
	2012	121,0	151,4	65,5	14,9	3,8	NA	1,9	21,2
	2013	121,0	151,7	67,2	14,9	3,8	NA	1,9	21,2
	2014	121,0	151,3	64,8	14,8	3,8	NA	1,9	21,2
	2015	121,0	151,2	64,0	14,8	3,8	NA	1,9	21,2
	2016	121,0	151,6	66,7	14,8	3,8	NA	1,9	21,2
	2017	121,0	153,0	74,5	14,9	3,8	NA	1,9	21,2
	2018	121,0	153,4	75,8	15,0	3,8	NA	1,9	21,2
	2019	121,0	152,4	71,3	14,9	3,8	NA	1,9	21,2
	2020	121,0	152,7	72,7	14,9	3,8	NA	1,9	21,2
	2021	121,0	153,2	74,5	15,0	3,8	NA	1,9	21,2
	2022	121,0	153,2	74,5	15,0	3,8	NA	1,9	21,2
	2023	121,0	153,2	74,5	15,0	3,8	NA	1,9	21,2
	2024	121,0	153,2	74,5	15,0	3,8	NA	1,9	21,2
3.B.4.a. Búfalos	1990	420,0	NA	NA	NA	1,6	0,6	NA	NA
	1991	420,0	NA	NA	NA	1,6	0,6	NA	NA
	1992	420,0	NA	NA	NA	1,6	0,6	NA	NA
	1993	420,0	NA	NA	NA	1,6	0,6	NA	NA
	1994	420,0	NA	NA	NA	1,6	0,6	NA	NA
	1995	420,0	NA	NA	NA	1,6	0,6	NA	NA
	1996	420,0	NA	NA	NA	1,6	0,6	NA	NA
	1997	420,0	NA	NA	NA	1,6	0,6	NA	NA
	1998	420,0	NA	NA	NA	1,6	0,6	NA	NA
	1999	420,0	NA	NA	NA	1,6	0,6	NA	NA
	2000	420,0	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	2001	420,0	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	2002	420,0	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	2003	420,0	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	2004	420,0	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	2005	420,0	NA	NA	NA	1,6	0,6	NA	NA
	2006	420,0	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	2007	420,0	NA	NA	NA	1,6	0,6	NA	NA

Subcategoría	Año	Peso promedio del animal (kg)	Laguna anaerobia descubierta	Estiércol líquido < 1 mes	Almacenamiento de sólidos	Lote seco	Potreros	Aspersión diaria	Digestión anaeróbica - Biogás
	2008	420,0	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	2009	420,0	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	2010	420,0	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	2011	420,0	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	2012	420,0	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	2013	420,0	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	2014	420,0	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	2015	420,0	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	2016	420,0	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	2017	420,0	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	2018	420,0	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	2019	420,0	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	2020	420,0	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	2021	420,0	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	2022	420,0	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	2023	420,0	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	2024	420,0	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
3.B.4.d. Caprinos	1990	24,6	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	1991	24,6	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	1992	24,6	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	1993	24,6	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	1994	24,6	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	1995	24,6	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	1996	24,6	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	1997	24,6	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	1998	24,6	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	1999	24,6	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	2000	24,6	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	2001	24,6	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	2002	24,6	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	2003	24,6	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	2004	24,6	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	2005	24,6	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	2006	24,6	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	2007	24,6	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	2008	24,6	NA	NA	NA	1,6	0,6	NA	NA
	2009	24,6	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	2010	24,6	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA

Subcategoría	Año	Peso promedio del animal (kg)	Laguna anaerobia descubierta	Estiércol líquido < 1 mes	Almacenamiento de sólidos	Lote seco	Potreros	Aspersión diaria	Digestión anaeróbica - Biogás
	2011	24,6	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	2012	24,6	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	2013	24,6	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	2014	24,6	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	2015	24,6	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	2016	24,6	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	2017	24,6	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	2018	24,6	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	2019	24,6	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	2020	24,6	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	2021	24,6	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	2022	24,6	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	2023	24,6	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
	2024	24,6	NA	NA	NA	1,7	0,6	NA	NA
3.B.4.e. Caballos	1990	311,9	NA	NA	8,5	NA	0,6	NA	NA
	1991	311,8	NA	NA	8,5	NA	0,6	NA	NA
	1992	311,8	NA	NA	8,5	NA	0,6	NA	NA
	1993	311,8	NA	NA	8,5	NA	0,6	NA	NA
	1994	311,8	NA	NA	8,5	NA	0,6	NA	NA
	1995	311,8	NA	NA	8,5	NA	0,6	NA	NA
	1996	311,7	NA	NA	8,5	NA	0,6	NA	NA
	1997	311,7	NA	NA	8,5	NA	0,6	NA	NA
	1998	311,7	NA	NA	8,5	NA	0,6	NA	NA
	1999	311,7	NA	NA	8,5	NA	0,6	NA	NA
	2000	311,7	NA	NA	8,5	NA	0,6	NA	NA
	2001	311,6	NA	NA	8,5	NA	0,6	NA	NA
	2002	311,6	NA	NA	8,5	NA	0,6	NA	NA
	2003	311,6	NA	NA	8,5	NA	0,6	NA	NA
	2004	311,6	NA	NA	8,5	NA	0,6	NA	NA
	2005	312,7	NA	NA	8,5	NA	0,6	NA	NA
	2006	312,6	NA	NA	8,5	NA	0,6	NA	NA
	2007	311,4	NA	NA	8,5	NA	0,6	NA	NA
	2008	311,7	NA	NA	8,4	NA	0,6	NA	NA
	2009	311,2	NA	NA	8,5	NA	0,6	NA	NA
	2010	310,7	NA	NA	8,4	NA	0,6	NA	NA
	2011	311,3	NA	NA	8,4	NA	0,6	NA	NA
	2012	311,7	NA	NA	8,4	NA	0,6	NA	NA
	2013	310,9	NA	NA	8,4	NA	0,6	NA	NA

Subcategoría	Año	Peso promedio del animal (kg)	Laguna anaerobia descubierta	Estiércol líquido < 1 mes	Almacenamiento de sólidos	Lote seco	Potreros	Aspersión diaria	Digestión anaeróbica - Biogás
	2014	311,6	NA	NA	8,4	NA	0,6	NA	NA
	2015	311,4	NA	NA	8,4	NA	0,6	NA	NA
	2016	311,7	NA	NA	8,4	NA	0,6	NA	NA
	2017	311,1	NA	NA	8,4	NA	0,6	NA	NA
	2018	311,0	NA	NA	8,4	NA	0,6	NA	NA
	2019	312,3	NA	NA	8,4	NA	0,6	NA	NA
	2020	313,0	NA	NA	8,5	NA	0,6	NA	NA
	2021	314,3	NA	NA	8,4	NA	0,6	NA	NA
	2022	314,3	NA	NA	8,4	NA	0,6	NA	NA
	2023	314,3	NA	NA	8,4	NA	0,6	NA	NA
	2024	314,3	NA	NA	8,4	NA	0,6	NA	NA
3.B.4.f. Mulas y asnos	1990	220,0	NA	NA	8,5	NA	0,6	NA	NA
	1991	220,0	NA	NA	8,5	NA	0,6	NA	NA
	1992	220,0	NA	NA	8,5	NA	0,6	NA	NA
	1993	220,0	NA	NA	8,5	NA	0,6	NA	NA
	1994	220,0	NA	NA	8,5	NA	0,6	NA	NA
	1995	220,0	NA	NA	8,5	NA	0,6	NA	NA
	1996	220,0	NA	NA	8,5	NA	0,6	NA	NA
	1997	220,0	NA	NA	8,5	NA	0,6	NA	NA
	1998	220,0	NA	NA	8,5	NA	0,6	NA	NA
	1999	220,0	NA	NA	8,5	NA	0,6	NA	NA
	2000	220,0	NA	NA	8,5	NA	0,6	NA	NA
	2001	220,0	NA	NA	8,5	NA	0,6	NA	NA
	2002	220,0	NA	NA	8,5	NA	0,6	NA	NA
	2003	220,0	NA	NA	8,5	NA	0,6	NA	NA
	2004	220,0	NA	NA	8,5	NA	0,6	NA	NA
	2005	220,0	NA	NA	8,5	NA	0,6	NA	NA
	2006	220,0	NA	NA	8,5	NA	0,6	NA	NA
	2007	220,0	NA	NA	8,5	NA	0,6	NA	NA
	2008	220,0	NA	NA	8,5	NA	0,6	NA	NA
	2009	220,0	NA	NA	8,5	NA	0,6	NA	NA
	2010	220,0	NA	NA	8,5	NA	0,6	NA	NA
	2011	220,0	NA	NA	8,5	NA	0,6	NA	NA
	2012	220,0	NA	NA	8,5	NA	0,6	NA	NA
	2013	220,0	NA	NA	8,5	NA	0,6	NA	NA
	2014	220,0	NA	NA	8,5	NA	0,6	NA	NA
	2015	220,0	NA	NA	8,5	NA	0,6	NA	NA
	2016	220,0	NA	NA	8,5	NA	0,6	NA	NA

Subcategoría	Año	Peso promedio del animal (kg)	Laguna anaerobia descubierta	Estiércol líquido < 1 mes	Almacenamiento de sólidos	Lote seco	Potreros	Aspersión diaria	Digestión anaeróbica - Biogás
	2017	220,0	NA	NA	8,5	NA	0,6	NA	NA
	2018	220,0	NA	NA	8,5	NA	0,6	NA	NA
	2019	220,0	NA	NA	8,5	NA	0,6	NA	NA
	2020	220,0	NA	NA	8,5	NA	0,6	NA	NA
	2021	220,0	NA	NA	8,5	NA	0,6	NA	NA
	2022	220,0	NA	NA	8,5	NA	0,6	NA	NA
	2023	220,0	NA	NA	8,5	NA	0,6	NA	NA
	2024	220,0	NA	NA	8,5	NA	0,6	NA	NA
3.B.4.h.v.1. Ponedoras	1990	1,8	NA	NA	12,5	NA	NA	NA	NA
	1991	1,8	NA	NA	12,5	NA	NA	NA	NA
	1992	1,8	NA	NA	12,5	NA	NA	NA	NA
	1993	1,8	NA	NA	12,5	NA	NA	NA	NA
	1994	1,8	NA	NA	12,5	NA	NA	NA	NA
	1995	1,8	NA	NA	12,5	NA	NA	NA	NA
	1996	1,8	NA	NA	12,5	NA	NA	NA	NA
	1997	1,8	NA	NA	12,5	NA	NA	NA	NA
	1998	1,8	NA	NA	12,5	NA	NA	NA	NA
	1999	1,8	NA	NA	12,5	NA	NA	NA	NA
	2000	1,8	NA	NA	12,5	NA	NA	NA	NA
	2001	1,8	NA	NA	12,5	NA	NA	NA	NA
	2002	1,8	NA	NA	12,5	NA	NA	NA	NA
	2003	1,8	NA	NA	12,5	NA	NA	NA	NA
	2004	1,8	NA	NA	12,5	NA	NA	NA	NA
	2005	1,8	NA	NA	12,5	NA	NA	NA	NA
	2006	1,8	NA	NA	12,5	NA	NA	NA	NA
	2007	1,8	NA	NA	12,5	NA	NA	NA	NA
	2008	1,8	NA	NA	12,5	NA	NA	NA	NA
	2009	1,8	NA	NA	12,5	NA	NA	NA	NA
	2010	1,8	NA	NA	12,5	NA	NA	NA	NA
	2011	1,8	NA	NA	12,5	NA	NA	NA	NA
	2012	1,8	NA	NA	12,5	NA	NA	NA	NA
	2013	1,8	NA	NA	12,5	NA	NA	NA	NA
	2014	1,8	NA	NA	12,5	NA	NA	NA	NA
	2015	1,8	NA	NA	12,5	NA	NA	NA	NA
	2016	1,8	NA	NA	12,5	NA	NA	NA	NA
	2017	1,8	NA	NA	12,5	NA	NA	NA	NA
	2018	1,8	NA	NA	12,5	NA	NA	NA	NA
	2019	1,8	NA	NA	12,5	NA	NA	NA	NA

Subcategoría	Año	Peso promedio del animal (kg)	Laguna anaerobia descubierta	Estiércol líquido < 1 mes	Almacenamiento de sólidos	Lote seco	Potreros	Aspersión diaria	Digestión anaeróbica - Biogás
	2020	1,8	NA	NA	12,4	NA	NA	NA	NA
	2021	1,8	NA	NA	12,3	NA	NA	NA	NA
	2022	1,8	NA	NA	12,3	NA	NA	NA	NA
	2023	1,8	NA	NA	12,3	NA	NA	NA	NA
	2024	1,8	NA	NA	12,3	NA	NA	NA	NA
3.B.4.h.v.2. Pollos de engorde	1990	1,2	NA	NA	12,7	NA	NA	NA	NA
	1991	1,2	NA	NA	12,7	NA	NA	NA	NA
	1992	1,2	NA	NA	12,7	NA	NA	NA	NA
	1993	1,2	NA	NA	12,7	NA	NA	NA	NA
	1994	1,2	NA	NA	12,7	NA	NA	NA	NA
	1995	1,2	NA	NA	12,7	NA	NA	NA	NA
	1996	1,2	NA	NA	12,7	NA	NA	NA	NA
	1997	1,2	NA	NA	12,7	NA	NA	NA	NA
	1998	1,2	NA	NA	12,7	NA	NA	NA	NA
	1999	1,2	NA	NA	12,7	NA	NA	NA	NA
	2000	1,2	NA	NA	12,7	NA	NA	NA	NA
	2001	1,2	NA	NA	12,7	NA	NA	NA	NA
	2002	1,2	NA	NA	12,7	NA	NA	NA	NA
	2003	1,2	NA	NA	12,7	NA	NA	NA	NA
	2004	1,2	NA	NA	12,7	NA	NA	NA	NA
	2005	1,2	NA	NA	12,7	NA	NA	NA	NA
	2006	1,2	NA	NA	12,7	NA	NA	NA	NA
	2007	1,2	NA	NA	12,7	NA	NA	NA	NA
	2008	1,2	NA	NA	12,7	NA	NA	NA	NA
	2009	1,2	NA	NA	12,7	NA	NA	NA	NA
	2010	1,2	NA	NA	12,7	NA	NA	NA	NA
	2011	1,2	NA	NA	12,7	NA	NA	NA	NA
	2012	1,2	NA	NA	12,7	NA	NA	NA	NA
	2013	1,2	NA	NA	12,7	NA	NA	NA	NA
	2014	1,2	NA	NA	12,7	NA	NA	NA	NA
	2015	1,2	NA	NA	12,7	NA	NA	NA	NA
	2016	1,2	NA	NA	12,7	NA	NA	NA	NA
	2017	1,2	NA	NA	12,7	NA	NA	NA	NA
	2018	1,2	NA	NA	12,7	NA	NA	NA	NA
	2019	1,2	NA	NA	12,7	NA	NA	NA	NA
	2020	1,2	NA	NA	12,7	NA	NA	NA	NA
	2021	1,2	NA	NA	12,6	NA	NA	NA	NA
	2022	1,2	NA	NA	12,6	NA	NA	NA	NA

Subcategoría	Año	Peso promedio del animal (kg)	Laguna anaerobia descubierta	Estiércol líquido < 1 mes	Almacenamiento de sólidos	Lote seco	Potreros	Aspersión diaria	Digestión anaeróbica - Biogás
	2023	1,2	NA	NA	12,6	NA	NA	NA	NA
	2024	1,2	NA	NA	12,6	NA	NA	NA	NA

Tabla 10-19. Anexo 5.2: Factor de conversión por sistema gestión de estiércol -MCF- (%)

Subcategoría	Año	Laguna anaerobia descubierta	Estiércol líquido < 1 mes	Almacenamiento de sólidos	Lote seco	Potreros	Aspersión diaria	Digestión anaeróbica - Biogás
3.B.1.a.iv.1. Vacas de alta Producción	1990-2000	74,17%	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2001	73,86%	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2002	73,87%	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2003	73,89%	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2004	73,93%	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2005	73,92%	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2006	73,93%	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2007	73,89%	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2008	73,89%	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2009	73,90%	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2010	73,91%	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2011	73,93%	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2012	73,93%	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2013	73,94%	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2014	74,06%	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2015	74,07%	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2016	74,85%	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2017	73,97%	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2018	73,99%	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2019	73,96%	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2020	73,99%	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2021	73,97%	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2022	73,97%	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2023	73,97%	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2024	73,97%	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
3.B.1.a.iv.2. Vacas de baja	1990-2000	NA	NA	NA	1,87%	0,47%	NA	NA
	2001	NA	NA	NA	1,87%	0,47%	NA	NA
	2002	NA	NA	NA	1,87%	0,47%	NA	NA

Subcategoría	Año	Laguna anaerobia descubierta	Estiércol líquido < 1 mes	Almacenamiento de sólidos	Lote seco	Potreros	Aspersión diaria	Digestión anaeróbica - Biogás
Producción	2003	NA	NA	NA	1,86%	0,47%	NA	NA
	2004	NA	NA	NA	1,86%	0,47%	NA	NA
	2005	NA	NA	NA	1,86%	0,47%	NA	NA
	2006	NA	NA	NA	1,86%	0,47%	NA	NA
	2007	NA	NA	NA	1,86%	0,47%	NA	NA
	2008	NA	NA	NA	1,86%	0,47%	NA	NA
	2009	NA	NA	NA	1,86%	0,47%	NA	NA
	2010	NA	NA	NA	1,86%	0,47%	NA	NA
	2011	NA	NA	NA	1,86%	0,47%	NA	NA
	2012	NA	NA	NA	1,86%	0,47%	NA	NA
	2013	NA	NA	NA	1,87%	0,47%	NA	NA
	2014	NA	NA	NA	1,87%	0,47%	NA	NA
	2015	NA	NA	NA	1,87%	0,47%	NA	NA
	2016	NA	NA	NA	1,90%	0,47%	NA	NA
	2017	NA	NA	NA	1,86%	0,47%	NA	NA
	2018	NA	NA	NA	1,86%	0,47%	NA	NA
	2019	NA	NA	NA	1,86%	0,47%	NA	NA
	2020	NA	NA	NA	1,86%	0,47%	NA	NA
	2021	NA	NA	NA	1,86%	0,47%	NA	NA
	2022	NA	NA	NA	1,86%	0,47%	NA	NA
	2023	NA	NA	NA	1,86%	0,47%	NA	NA
	2024	NA	NA	NA	1,86%	0,47%	NA	NA
3.B.1.a.iv.3. Vacas para producción de carne	1990-2000	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2001	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2002	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2003	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2004	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2005	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2006	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2007	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2008	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2009	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2010	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2011	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2012	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2013	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2014	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2015	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2016	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2017	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA

Subcategoría	Año	Laguna anaerobia descubierta	Estiércol líquido < 1 mes	Almacenamiento de sólidos	Lote seco	Potreros	Aspersión diaria	Digestión anaeróbica - Biogás
	2018	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2019	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2020	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2021	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2022	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2023	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2024	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
3.B.1.a.iv.4. Toros utilizados con fines reproductivos	1990-2000	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2001	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2002	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2003	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2004	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2005	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2006	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2007	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2008	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2009	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2010	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2011	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2012	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2013	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2014	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2015	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2016	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2017	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2018	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2019	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2020	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2021	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2022	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2023	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2024	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
3.B.1.a.iv.5. Terneros pre-destetos	1990-2000	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2001	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2002	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2003	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2004	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2005	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2006	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA

Subcategoría	Año	Laguna anaerobia descubierta	Estiércol líquido < 1 mes	Almacenamiento de sólidos	Lote seco	Potreros	Aspersión diaria	Digestión anaeróbica - Biogás
	2007	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2008	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2009	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2010	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2011	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2012	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2013	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2014	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2015	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2016	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2017	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2018	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2019	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2020	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2021	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2022	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2023	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2024	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
3.B.1.a.iv.6. Novillas de reemplazo	1990-2000	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2001	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2002	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2003	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2004	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2005	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2006	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2007	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2008	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2009	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2010	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2011	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2012	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2013	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2014	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2015	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2016	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2017	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2018	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2019	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2020	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2021	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA

Subcategoría	Año	Laguna anaerobia descubierta	Estiércol líquido < 1 mes	Almacenamiento de sólidos	Lote seco	Potreros	Aspersión diaria	Digestión anaeróbica - Biogás
	2022	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2023	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2024	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
3.B.1.a.iv.7. Ganado de engorde	1990-2000	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2001	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2002	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2003	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2004	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2005	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2006	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2007	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2008	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2009	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2010	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2011	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2012	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2013	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2014	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2015	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2016	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2017	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2018	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2019	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2020	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2021	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2022	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2023	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA
	2024	NA	NA	NA	NA	0,47%	NA	NA

Tabla 10-20. Anexo 5.2: Fracción de la excreción total anual de nitrógeno -AWMS- (%)

Subcategoría	Año	Laguna anaerobia descubierta	Estiércol líquido < 1 mes	Almacenamiento de sólidos	Lote seco	Aspersión diaria	Digestión anaeróbica - Biogás	Potreros
3.B.1.a.iv.1. Vacas de alta Producción	1990 - 2000	7%	NA	NA	NA	NA	NA	93%
	2001	7%	NA	NA	NA	NA	NA	93%
	2002	7%	NA	NA	NA	NA	NA	93%
	2003	7%	NA	NA	NA	NA	NA	93%

Subcategoría	Año	Laguna anaerobia descubierta	Estiércol líquido < 1 mes	Almacenamiento de sólidos	Lote seco	Aspersión diaria	Digestión anaeróbica - Biogás	Potreros
	2004	7%	NA	NA	NA	NA	NA	93%
	2005	7%	NA	NA	NA	NA	NA	93%
	2006	7%	NA	NA	NA	NA	NA	93%
	2007	7%	NA	NA	NA	NA	NA	93%
	2008	7%	NA	NA	NA	NA	NA	93%
	2009	7%	NA	NA	NA	NA	NA	93%
	2010	7%	NA	NA	NA	NA	NA	93%
	2011	7%	NA	NA	NA	NA	NA	93%
	2012	7%	NA	NA	NA	NA	NA	93%
	2013	7%	NA	NA	NA	NA	NA	93%
	2014	7%	NA	NA	NA	NA	NA	93%
	2015	7%	NA	NA	NA	NA	NA	93%
	2016	7%	NA	NA	NA	NA	NA	93%
	2017	7%	NA	NA	NA	NA	NA	93%
	2018	7%	NA	NA	NA	NA	NA	93%
	2019	7%	NA	NA	NA	NA	NA	93%
	2020	7%	NA	NA	NA	NA	NA	93%
	2021	7%	NA	NA	NA	NA	NA	93%
	2022	7%	NA	NA	NA	NA	NA	93%
	2023	7%	NA	NA	NA	NA	NA	93%
	2024	7%	NA	NA	NA	NA	NA	93%
3.B.1.a.iv.2. Vacas de baja Producción	1990 - 2000	NA	NA	NA	5%	NA	NA	95%
	2001	NA	NA	NA	5%	NA	NA	95%
	2002	NA	NA	NA	5%	NA	NA	95%
	2003	NA	NA	NA	5%	NA	NA	95%
	2004	NA	NA	NA	5%	NA	NA	95%
	2005	NA	NA	NA	5%	NA	NA	95%
	2006	NA	NA	NA	5%	NA	NA	95%
	2007	NA	NA	NA	5%	NA	NA	95%
	2008	NA	NA	NA	5%	NA	NA	95%
	2009	NA	NA	NA	5%	NA	NA	95%
	2010	NA	NA	NA	5%	NA	NA	95%
	2011	NA	NA	NA	5%	NA	NA	95%
	2012	NA	NA	NA	5%	NA	NA	95%
	2013	NA	NA	NA	5%	NA	NA	95%
	2014	NA	NA	NA	5%	NA	NA	95%
	2015	NA	NA	NA	5%	NA	NA	95%
	2016	NA	NA	NA	5%	NA	NA	95%
	2017	NA	NA	NA	5%	NA	NA	95%

Subcategoría	Año	Laguna anaerobia descubierta	Estiércol líquido < 1 mes	Almacenamiento de sólidos	Lote seco	Aspersión diaria	Digestión anaeróbica - Biogás	Potreros
	2018	NA	NA	NA	5%	NA	NA	95%
	2019	NA	NA	NA	5%	NA	NA	95%
	2020	NA	NA	NA	5%	NA	NA	95%
	2021	NA	NA	NA	5%	NA	NA	95%
	2022	NA	NA	NA	5%	NA	NA	95%
	2023	NA	NA	NA	5%	NA	NA	95%
	2024	NA	NA	NA	5%	NA	NA	95%
3.B.1.a.iv.3. Vacas para producción de carne	1990 - 2000	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2001	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2002	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2003	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2004	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2005	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2006	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2007	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2008	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2009	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2010	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2011	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2012	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2013	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2014	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2015	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2016	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2017	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2018	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2019	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2020	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2021	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2022	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2023	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2024	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
3.B.1.a.iv.4. Toros utilizados con fines reproductivos	1990 - 2000	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2001	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2002	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2003	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2004	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%

Subcategoría	Año	Laguna anaerobia descubierta	Estiércol líquido < 1 mes	Almacenamiento de sólidos	Lote seco	Aspersión diaria	Digestión anaeróbica - Biogás	Potreros
	2005	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2006	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2007	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2008	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2009	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2010	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2011	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2012	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2013	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2014	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2015	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2016	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2017	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2018	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2019	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2020	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2021	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2022	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2023	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2024	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
3.B.1.a.iv.5. Terneros pre-destetos	1990 - 2000	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2001	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2002	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2003	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2004	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2005	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2006	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2007	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2008	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2009	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2010	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2011	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2012	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2013	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2014	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2015	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2016	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2017	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2018	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%

Subcategoría	Año	Laguna anaerobia descubierta	Estiércol líquido < 1 mes	Almacenamiento de sólidos	Lote seco	Aspersión diaria	Digestión anaeróbica - Biogás	Potreros
	2019	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2020	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2021	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2022	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2023	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2024	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
3.B.1.a.iv.6. Novillas de reemplazo	1990 - 2000	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2001	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2002	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2003	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2004	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2005	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2006	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2007	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2008	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2009	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2010	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2011	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2012	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2013	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2014	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2015	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2016	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2017	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2018	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2019	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2020	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2021	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2022	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2023	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2024	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
3.B.1.a.iv.7. Ganado de engorde	1990 - 2000	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2001	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2002	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2003	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2004	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2005	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%

Subcategoría	Año	Laguna anaerobia descubierta	Estiércol líquido < 1 mes	Almacenamiento de sólidos	Lote seco	Aspersión diaria	Digestión anaeróbica - Biogás	Potreros
	2006	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2007	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2008	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2009	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2010	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2011	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2012	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2013	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2014	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2015	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2016	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2017	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2018	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2019	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2020	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2021	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2022	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2023	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
	2024	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100%
3.B.2.a.i. Ovinos	1990	NA	NA	NA	30%	NA	NA	70%
	1991	NA	NA	NA	30%	NA	NA	70%
	1992	NA	NA	NA	30%	NA	NA	70%
	1993	NA	NA	NA	30%	NA	NA	70%
	1994	NA	NA	NA	30%	NA	NA	70%
	1995	NA	NA	NA	30%	NA	NA	70%
	1996	NA	NA	NA	30%	NA	NA	70%
	1997	NA	NA	NA	30%	NA	NA	70%
	1998	NA	NA	NA	30%	NA	NA	70%
	1999	NA	NA	NA	30%	NA	NA	70%
	2000	NA	NA	NA	30%	NA	NA	70%
	2001	NA	NA	NA	30%	NA	NA	70%
	2002	NA	NA	NA	30%	NA	NA	70%
	2003	NA	NA	NA	30%	NA	NA	70%
	2004	NA	NA	NA	30%	NA	NA	70%
	2005	NA	NA	NA	30%	NA	NA	70%
	2006	NA	NA	NA	30%	NA	NA	70%
	2007	NA	NA	NA	30%	NA	NA	70%
	2008	NA	NA	NA	30%	NA	NA	70%
	2009	NA	NA	NA	30%	NA	NA	70%
	2010	NA	NA	NA	30%	NA	NA	70%
	2011	NA	NA	NA	30%	NA	NA	70%

Subcategoría	Año	Laguna anaerobia descubierta	Estiércol líquido < 1 mes	Almacenamiento de sólidos	Lote seco	Aspersión diaria	Digestión anaeróbica - Biogás	Potreros
	2012	NA	NA	NA	30%	NA	NA	70%
	2013	NA	NA	NA	30%	NA	NA	70%
	2014	NA	NA	NA	30%	NA	NA	70%
	2015	NA	NA	NA	30%	NA	NA	70%
	2016	NA	NA	NA	30%	NA	NA	70%
	2017	NA	NA	NA	30%	NA	NA	70%
	2018	NA	NA	NA	30%	NA	NA	70%
	2019	NA	NA	NA	30%	NA	NA	70%
	2020	NA	NA	NA	30%	NA	NA	70%
	2021	NA	NA	NA	30%	NA	NA	70%
	2022	NA	NA	NA	30%	NA	NA	70%
	2023	NA	NA	NA	30%	NA	NA	70%
	2024	NA	NA	NA	30%	NA	NA	70%
3.B.3.a.i. Porcinos < 6 meses	1990	2%	61%	23%	0%	3%	11%	NA
	1991	2%	61%	23%	0%	3%	11%	NA
	1992	2%	61%	23%	0%	3%	11%	NA
	1993	2%	61%	23%	0%	3%	11%	NA
	1994	2%	61%	23%	0%	3%	11%	NA
	1995	3%	61%	22%	0%	3%	11%	NA
	1996	2%	61%	22%	0%	3%	11%	NA
	1997	2%	61%	23%	0%	3%	11%	NA
	1998	2%	61%	23%	0%	3%	11%	NA
	1999	2%	61%	22%	0%	3%	11%	NA
	2000	3%	61%	22%	0%	3%	11%	NA
	2001	3%	61%	22%	0%	3%	11%	NA
	2002	2%	61%	22%	0%	3%	11%	NA
	2003	2%	61%	22%	0%	3%	11%	NA
	2004	2%	61%	22%	0%	3%	11%	NA
	2005	3%	55%	27%	1%	4%	10%	NA
	2006	2%	64%	21%	1%	3%	9%	NA
	2007	3%	61%	22%	1%	3%	11%	NA
	2008	3%	60%	22%	1%	3%	11%	NA
	2009	3%	60%	22%	1%	3%	11%	NA
	2010	3%	60%	23%	0%	3%	11%	NA
	2011	2%	62%	22%	0%	3%	11%	NA
	2012	3%	61%	22%	0%	3%	11%	NA
	2013	3%	62%	21%	0%	3%	11%	NA
	2014	3%	59%	23%	0%	4%	12%	NA
	2015	2%	62%	23%	1%	3%	9%	NA
	2016	2%	63%	22%	1%	2%	9%	NA
	2017	2%	63%	22%	1%	3%	9%	NA

Subcategoría	Año	Laguna anaerobia descubierta	Estiércol líquido < 1 mes	Almacenamiento de sólidos	Lote seco	Aspersión diaria	Digestión anaeróbica - Biogás	Potreros
	2018	2%	64%	22%	0%	3%	9%	NA
	2019	3%	61%	22%	0%	4%	10%	NA
	2020	3%	61%	22%	0%	4%	10%	NA
	2021	5%	63%	19%	1%	3%	9%	NA
	2022	5%	63%	19%	1%	3%	9%	NA
	2023	5%	63%	19%	1%	3%	9%	NA
	2024	5%	63%	19%	1%	3%	9%	NA
3.B.3.a.ii. Porcinos > 6 meses	1990	4%	57%	21%	1%	4%	12%	NA
	1991	4%	57%	21%	1%	4%	12%	NA
	1992	4%	57%	21%	1%	4%	12%	NA
	1993	4%	57%	21%	1%	4%	12%	NA
	1994	4%	57%	21%	1%	4%	12%	NA
	1995	5%	56%	21%	1%	4%	12%	NA
	1996	5%	56%	21%	1%	4%	12%	NA
	1997	4%	57%	21%	1%	4%	12%	NA
	1998	4%	57%	21%	1%	4%	12%	NA
	1999	4%	56%	21%	1%	4%	12%	NA
	2000	5%	56%	21%	1%	4%	12%	NA
	2001	5%	56%	21%	1%	4%	12%	NA
	2002	5%	56%	21%	1%	4%	12%	NA
	2003	4%	57%	21%	1%	4%	12%	NA
	2004	5%	56%	21%	1%	4%	12%	NA
	2005	6%	49%	24%	4%	5%	12%	NA
	2006	5%	58%	21%	2%	4%	11%	NA
	2007	5%	55%	21%	2%	4%	13%	NA
	2008	6%	55%	21%	2%	4%	12%	NA
	2009	5%	55%	21%	2%	4%	13%	NA
	2010	5%	55%	21%	2%	4%	13%	NA
	2011	5%	57%	21%	2%	4%	12%	NA
	2012	6%	56%	21%	1%	4%	12%	NA
	2013	5%	57%	21%	1%	4%	12%	NA
	2014	5%	54%	22%	2%	5%	13%	NA
	2015	4%	60%	20%	2%	4%	10%	NA
	2016	5%	61%	19%	2%	3%	10%	NA
	2017	7%	59%	19%	2%	3%	10%	NA
	2018	4%	56%	25%	1%	4%	10%	NA
	2019	4%	54%	25%	1%	5%	11%	NA
	2020	4%	57%	24%	1%	5%	11%	NA
	2021	7%	55%	22%	2%	4%	10%	NA
	2022	7%	55%	22%	2%	4%	10%	NA
	2023	7%	55%	22%	2%	4%	10%	NA

Subcategoría	Año	Laguna anaerobia descubierta	Estiércol líquido < 1 mes	Almacenamiento de sólidos	Lote seco	Aspersión diaria	Digestión anaeróbica - Biogás	Potreros
	2024	7%	55%	22%	2%	4%	10%	NA
3.B.3.a.iii. Porcinos baja productividad	1990	5%	50%	15%	15%	10%	5%	NA
	1991	5%	50%	15%	15%	10%	5%	NA
	1992	5%	50%	15%	15%	10%	5%	NA
	1993	5%	50%	15%	15%	10%	5%	NA
	1994	5%	50%	15%	15%	10%	5%	NA
	1995	5%	50%	15%	15%	10%	5%	NA
	1996	5%	50%	15%	15%	10%	5%	NA
	1997	5%	50%	15%	15%	10%	5%	NA
	1998	5%	50%	15%	15%	10%	5%	NA
	1999	5%	50%	15%	15%	10%	5%	NA
	2000	5%	50%	15%	15%	10%	5%	NA
	2001	5%	50%	15%	15%	10%	5%	NA
	2002	5%	50%	15%	15%	10%	5%	NA
	2003	5%	50%	15%	15%	10%	5%	NA
	2004	5%	50%	15%	15%	10%	5%	NA
	2005	5%	50%	15%	15%	10%	5%	NA
	2006	5%	50%	15%	15%	10%	5%	NA
	2007	5%	50%	15%	15%	10%	5%	NA
	2008	5%	50%	15%	15%	10%	5%	NA
	2009	5%	50%	15%	15%	10%	5%	NA
	2010	5%	50%	15%	15%	10%	5%	NA
	2011	5%	50%	15%	15%	10%	5%	NA
	2012	5%	50%	15%	15%	10%	5%	NA
	2013	5%	50%	15%	15%	10%	5%	NA
	2014	5%	50%	15%	15%	10%	5%	NA
	2015	5%	50%	15%	15%	10%	5%	NA
	2016	5%	50%	15%	15%	10%	5%	NA
	2017	5%	50%	15%	15%	10%	5%	NA
	2018	5%	50%	15%	15%	10%	5%	NA
	2019	5%	50%	15%	15%	10%	5%	NA
	2020	5%	50%	15%	15%	10%	5%	NA
	2021	5%	50%	15%	15%	10%	5%	NA
	2022	5%	50%	15%	15%	10%	5%	NA
	2023	5%	50%	15%	15%	10%	5%	NA
	2024	5%	50%	15%	15%	10%	5%	NA
3.B.4.a. Búfalos	1990	NA	NA	NA	5%	NA	NA	95%
	1991	NA	NA	NA	5%	NA	NA	95%
	1992	NA	NA	NA	5%	NA	NA	95%
	1993	NA	NA	NA	5%	NA	NA	95%
	1994	NA	NA	NA	5%	NA	NA	95%

Subcategoría	Año	Laguna anaerobia descubierta	Estiércol líquido < 1 mes	Almacenamiento de sólidos	Lote seco	Aspersión diaria	Digestión anaeróbica - Biogás	Potreros
	1995	NA	NA	NA	5%	NA	NA	95%
	1996	NA	NA	NA	5%	NA	NA	95%
	1997	NA	NA	NA	5%	NA	NA	95%
	1998	NA	NA	NA	5%	NA	NA	95%
	1999	NA	NA	NA	5%	NA	NA	95%
	2000	NA	NA	NA	5%	NA	NA	95%
	2001	NA	NA	NA	5%	NA	NA	95%
	2002	NA	NA	NA	5%	NA	NA	95%
	2003	NA	NA	NA	5%	NA	NA	95%
	2004	NA	NA	NA	5%	NA	NA	95%
	2005	NA	NA	NA	5%	NA	NA	95%
	2006	NA	NA	NA	5%	NA	NA	95%
	2007	NA	NA	NA	5%	NA	NA	95%
	2008	NA	NA	NA	5%	NA	NA	95%
	2009	NA	NA	NA	5%	NA	NA	95%
	2010	NA	NA	NA	5%	NA	NA	95%
	2011	NA	NA	NA	5%	NA	NA	95%
	2012	NA	NA	NA	5%	NA	NA	95%
	2013	NA	NA	NA	5%	NA	NA	95%
	2014	NA	NA	NA	5%	NA	NA	95%
	2015	NA	NA	NA	5%	NA	NA	95%
	2016	NA	NA	NA	5%	NA	NA	95%
	2017	NA	NA	NA	5%	NA	NA	95%
	2018	NA	NA	NA	5%	NA	NA	95%
	2019	NA	NA	NA	5%	NA	NA	95%
	2020	NA	NA	NA	5%	NA	NA	95%
	2021	NA	NA	NA	5%	NA	NA	95%
	2022	NA	NA	NA	5%	NA	NA	95%
	2023	NA	NA	NA	5%	NA	NA	95%
	2024	NA	NA	NA	5%	NA	NA	95%
3.B.4.d. Caprinos	1990	NA	NA	NA	30%	NA	NA	70%
	1991	NA	NA	NA	30%	NA	NA	70%
	1992	NA	NA	NA	30%	NA	NA	70%
	1993	NA	NA	NA	30%	NA	NA	70%
	1994	NA	NA	NA	30%	NA	NA	70%
	1995	NA	NA	NA	30%	NA	NA	70%
	1996	NA	NA	NA	30%	NA	NA	70%
	1997	NA	NA	NA	30%	NA	NA	70%
	1998	NA	NA	NA	30%	NA	NA	70%
	1999	NA	NA	NA	30%	NA	NA	70%
	2000	NA	NA	NA	30%	NA	NA	70%

Subcategoría	Año	Laguna anaerobia descubierta	Estiércol líquido < 1 mes	Almacenamiento de sólidos	Lote seco	Aspersión diaria	Digestión anaeróbica - Biogás	Potreros
	2001	NA	NA	NA	30%	NA	NA	70%
	2002	NA	NA	NA	30%	NA	NA	70%
	2003	NA	NA	NA	30%	NA	NA	70%
	2004	NA	NA	NA	30%	NA	NA	70%
	2005	NA	NA	NA	30%	NA	NA	70%
	2006	NA	NA	NA	30%	NA	NA	70%
	2007	NA	NA	NA	30%	NA	NA	70%
	2008	NA	NA	NA	30%	NA	NA	70%
	2009	NA	NA	NA	30%	NA	NA	70%
	2010	NA	NA	NA	30%	NA	NA	70%
	2011	NA	NA	NA	30%	NA	NA	70%
	2012	NA	NA	NA	30%	NA	NA	70%
	2013	NA	NA	NA	30%	NA	NA	70%
	2014	NA	NA	NA	30%	NA	NA	70%
	2015	NA	NA	NA	30%	NA	NA	70%
	2016	NA	NA	NA	30%	NA	NA	70%
	2017	NA	NA	NA	30%	NA	NA	70%
	2018	NA	NA	NA	30%	NA	NA	70%
	2019	NA	NA	NA	30%	NA	NA	70%
	2020	NA	NA	NA	30%	NA	NA	70%
	2021	NA	NA	NA	30%	NA	NA	70%
	2022	NA	NA	NA	30%	NA	NA	70%
	2023	NA	NA	NA	30%	NA	NA	70%
	2024	NA	NA	NA	30%	NA	NA	70%
3.B.4.e. Caballos	1990	NA	NA	20%	NA	NA	NA	80%
	1991	NA	NA	20%	NA	NA	NA	80%
	1992	NA	NA	20%	NA	NA	NA	80%
	1993	NA	NA	20%	NA	NA	NA	80%
	1994	NA	NA	20%	NA	NA	NA	80%
	1995	NA	NA	20%	NA	NA	NA	80%
	1996	NA	NA	20%	NA	NA	NA	80%
	1997	NA	NA	20%	NA	NA	NA	80%
	1998	NA	NA	20%	NA	NA	NA	80%
	1999	NA	NA	20%	NA	NA	NA	80%
	2000	NA	NA	20%	NA	NA	NA	80%
	2001	NA	NA	20%	NA	NA	NA	80%
	2002	NA	NA	20%	NA	NA	NA	80%
	2003	NA	NA	20%	NA	NA	NA	80%
	2004	NA	NA	20%	NA	NA	NA	80%
	2005	NA	NA	21%	NA	NA	NA	79%
	2006	NA	NA	21%	NA	NA	NA	79%

Subcategoría	Año	Laguna anaerobia descubierta	Estiércol líquido < 1 mes	Almacenamiento de sólidos	Lote seco	Aspersión diaria	Digestión anaeróbica - Biogás	Potreros
	2007	NA	NA	20%	NA	NA	NA	80%
	2008	NA	NA	20%	NA	NA	NA	80%
	2009	NA	NA	20%	NA	NA	NA	80%
	2010	NA	NA	19%	NA	NA	NA	81%
	2011	NA	NA	20%	NA	NA	NA	80%
	2012	NA	NA	20%	NA	NA	NA	80%
	2013	NA	NA	19%	NA	NA	NA	81%
	2014	NA	NA	20%	NA	NA	NA	80%
	2015	NA	NA	20%	NA	NA	NA	80%
	2016	NA	NA	20%	NA	NA	NA	80%
	2017	NA	NA	19%	NA	NA	NA	81%
	2018	NA	NA	19%	NA	NA	NA	81%
	2019	NA	NA	20%	NA	NA	NA	80%
	2020	NA	NA	21%	NA	NA	NA	79%
	2021	NA	NA	22%	NA	NA	NA	78%
	2022	NA	NA	22%	NA	NA	NA	78%
	2023	NA	NA	22%	NA	NA	NA	78%
	2024	NA	NA	22%	NA	NA	NA	78%
3.B.4.f. Mulas y asnos	1990	NA	NA	10%	NA	NA	NA	90%
	1991	NA	NA	10%	NA	NA	NA	90%
	1992	NA	NA	10%	NA	NA	NA	90%
	1993	NA	NA	10%	NA	NA	NA	90%
	1994	NA	NA	10%	NA	NA	NA	90%
	1995	NA	NA	10%	NA	NA	NA	90%
	1996	NA	NA	10%	NA	NA	NA	90%
	1997	NA	NA	10%	NA	NA	NA	90%
	1998	NA	NA	10%	NA	NA	NA	90%
	1999	NA	NA	10%	NA	NA	NA	90%
	2000	NA	NA	10%	NA	NA	NA	90%
	2001	NA	NA	10%	NA	NA	NA	90%
	2002	NA	NA	10%	NA	NA	NA	90%
	2003	NA	NA	10%	NA	NA	NA	90%
	2004	NA	NA	10%	NA	NA	NA	90%
	2005	NA	NA	10%	NA	NA	NA	90%
	2006	NA	NA	10%	NA	NA	NA	90%
	2007	NA	NA	10%	NA	NA	NA	90%
	2008	NA	NA	10%	NA	NA	NA	90%
	2009	NA	NA	10%	NA	NA	NA	90%
	2010	NA	NA	10%	NA	NA	NA	90%
	2011	NA	NA	10%	NA	NA	NA	90%
	2012	NA	NA	10%	NA	NA	NA	90%

Subcategoría	Año	Laguna anaerobia descubierta	Estiércol líquido < 1 mes	Almacenamiento de sólidos	Lote seco	Aspersión diaria	Digestión anaeróbica - Biogás	Potreros
	2013	NA	NA	10%	NA	NA	NA	90%
	2014	NA	NA	10%	NA	NA	NA	90%
	2015	NA	NA	10%	NA	NA	NA	90%
	2016	NA	NA	10%	NA	NA	NA	90%
	2017	NA	NA	10%	NA	NA	NA	90%
	2018	NA	NA	10%	NA	NA	NA	90%
	2019	NA	NA	10%	NA	NA	NA	90%
	2020	NA	NA	10%	NA	NA	NA	90%
	2021	NA	NA	10%	NA	NA	NA	90%
	2022	NA	NA	10%	NA	NA	NA	90%
	2023	NA	NA	10%	NA	NA	NA	90%
	2024	NA	NA	10%	NA	NA	NA	90%
3.B.4.h.v.1. Ponedoras	1990	NA	NA	100%	NA	NA	NA	NA
	1991	NA	NA	100%	NA	NA	NA	NA
	1992	NA	NA	100%	NA	NA	NA	NA
	1993	NA	NA	100%	NA	NA	NA	NA
	1994	NA	NA	100%	NA	NA	NA	NA
	1995	NA	NA	100%	NA	NA	NA	NA
	1996	NA	NA	100%	NA	NA	NA	NA
	1997	NA	NA	100%	NA	NA	NA	NA
	1998	NA	NA	100%	NA	NA	NA	NA
	1999	NA	NA	100%	NA	NA	NA	NA
	2000	NA	NA	100%	NA	NA	NA	NA
	2001	NA	NA	100%	NA	NA	NA	NA
	2002	NA	NA	100%	NA	NA	NA	NA
	2003	NA	NA	100%	NA	NA	NA	NA
	2004	NA	NA	100%	NA	NA	NA	NA
	2005	NA	NA	100%	NA	NA	NA	NA
	2006	NA	NA	100%	NA	NA	NA	NA
	2007	NA	NA	100%	NA	NA	NA	NA
	2008	NA	NA	100%	NA	NA	NA	NA
	2009	NA	NA	100%	NA	NA	NA	NA
	2010	NA	NA	100%	NA	NA	NA	NA
	2011	NA	NA	100%	NA	NA	NA	NA
	2012	NA	NA	100%	NA	NA	NA	NA
	2013	NA	NA	100%	NA	NA	NA	NA
	2014	NA	NA	100%	NA	NA	NA	NA
	2015	NA	NA	100%	NA	NA	NA	NA
	2016	NA	NA	100%	NA	NA	NA	NA
	2017	NA	NA	100%	NA	NA	NA	NA
	2018	NA	NA	100%	NA	NA	NA	NA

Subcategoría				Año	Laguna anaerobia descubierta	Estiércol líquido < 1 mes	Almacenamiento de sólidos	Lote seco	Aspersión diaria	Digestión anaeróbica - Biogás	Potreros
				2019	NA	NA	100%	NA	NA	NA	NA
				2020	NA	NA	100%	NA	NA	NA	NA
				2021	NA	NA	100%	NA	NA	NA	NA
				2022	NA	NA	100%	NA	NA	NA	NA
				2023	NA	NA	100%	NA	NA	NA	NA
				2024	NA	NA	100%	NA	NA	NA	NA
3.B.4.h.v.2. Pollos de engorde	1990	NA	NA		100%	NA	NA	NA		NA	
	1991	NA	NA		100%	NA	NA	NA		NA	
	1992	NA	NA		100%	NA	NA	NA		NA	
	1993	NA	NA		100%	NA	NA	NA		NA	
	1994	NA	NA		100%	NA	NA	NA		NA	
	1995	NA	NA		100%	NA	NA	NA		NA	
	1996	NA	NA		100%	NA	NA	NA		NA	
	1997	NA	NA		100%	NA	NA	NA		NA	
	1998	NA	NA		100%	NA	NA	NA		NA	
	1999	NA	NA		100%	NA	NA	NA		NA	
	2000	NA	NA		100%	NA	NA	NA		NA	
	2001	NA	NA		100%	NA	NA	NA		NA	
	2002	NA	NA		100%	NA	NA	NA		NA	
	2003	NA	NA		100%	NA	NA	NA		NA	
	2004	NA	NA		100%	NA	NA	NA		NA	
	2005	NA	NA		100%	NA	NA	NA		NA	
	2006	NA	NA		100%	NA	NA	NA		NA	

Subcategoría				Año	Laguna anaerobia descubierta	Estiércol líquido < 1 mes	Almacenamiento de sólidos	Lote seco	Aspersión diaria	Digestión anaeróbica - Biogás	Potreros
	2007	NA	NA	100%	NA	NA	NA			NA	
	2008	NA	NA	100%	NA	NA	NA			NA	
	2009	NA	NA	100%	NA	NA	NA			NA	
	2010	NA	NA	100%	NA	NA	NA			NA	
	2011	NA	NA	100%	NA	NA	NA			NA	
	2012	NA	NA	100%	NA	NA	NA			NA	
	2013	NA	NA	100%	NA	NA	NA			NA	
	2014	NA	NA	100%	NA	NA	NA			NA	
	2015	NA	NA	100%	NA	NA	NA			NA	
	2016	NA	NA	100%	NA	NA	NA			NA	
	2017	NA	NA	100%	NA	NA	NA			NA	
	2018	NA	NA	100%	NA	NA	NA			NA	
	2019	NA	NA	100%	NA	NA	NA			NA	
	2020	NA	NA	100%	NA	NA	NA			NA	
	2021	NA	NA	100%	NA	NA	NA			NA	
	2022	NA	NA	100%	NA	NA	NA			NA	
	2023	NA	NA	100%	NA	NA	NA			NA	
	2024	NA	NA	100%	NA	NA	NA			NA	

Tabla 10-21. Anexo 5.2: Parámetros para factores de emisión específicos (3.B)

Subcategoría	Año	Vsrate. IPCC, 2019, Tabla 10.13A	Promedio de tasa excreción diaria de -VS- (kg MS cabeza día^{-1})	Promedio de producción potencial de CH_4 (m^3 kg VS)	Factor de emisión implícito de CH_4 (kg CH_4 cabeza Año^{-1})	Tasa de excreción por defecto de nitrógeno -Ntasa- (kg N). IPCC 2019, Tabla 10.19	Tasa de excreción de N -Nex- (kg N cabeza año^{-1})	Factor de emisión implícito de N_2O (kg N_2O cabeza Año^{-1})
3.B.1.a.iv.1. Vacas de alta Producción	1990-2000	NA	3,3E+00	1,9E-01	8,7E+00	2,8E-01	NA	NA
	2001	NA	3,4E+00	1,9E-01	8,8E+00	2,8E-01	NA	NA
	2002	NA	3,4E+00	1,9E-01	8,8E+00	2,8E-01	NA	NA
	2003	NA	3,4E+00	1,9E-01	8,8E+00	2,8E-01	NA	NA
	2004	NA	3,4E+00	1,9E-01	8,8E+00	2,8E-01	NA	NA
	2005	NA	3,4E+00	1,9E-01	8,8E+00	2,8E-01	NA	NA
	2006	NA	3,4E+00	1,9E-01	8,7E+00	2,8E-01	NA	NA
	2007	NA	3,4E+00	1,9E-01	8,7E+00	2,8E-01	NA	NA
	2008	NA	3,4E+00	1,9E-01	8,7E+00	2,8E-01	NA	NA
	2009	NA	3,3E+00	1,9E-01	8,7E+00	2,8E-01	NA	NA
	2010	NA	3,3E+00	1,9E-01	8,7E+00	2,8E-01	NA	NA
	2011	NA	3,3E+00	1,9E-01	8,7E+00	2,8E-01	NA	NA
	2012	NA	3,3E+00	1,9E-01	8,7E+00	2,8E-01	NA	NA
	2013	NA	3,3E+00	1,9E-01	8,7E+00	2,8E-01	NA	NA
	2014	NA	3,3E+00	1,9E-01	8,7E+00	2,8E-01	NA	NA
	2015	NA	3,3E+00	1,9E-01	8,7E+00	2,8E-01	NA	NA
	2016	NA	3,2E+00	1,9E-01	8,6E+00	2,8E-01	NA	NA
	2017	NA	3,3E+00	1,9E-01	8,7E+00	2,8E-01	NA	NA
	2018	NA	3,4E+00	1,9E-01	8,8E+00	2,8E-01	NA	NA
	2019	NA	3,4E+00	1,9E-01	8,7E+00	2,8E-01	NA	NA
	2020	NA	3,4E+00	1,9E-01	8,8E+00	2,8E-01	NA	NA
	2021	NA	3,4E+00	1,9E-01	8,7E+00	2,8E-01	NA	NA
	2022	NA	3,4E+00	1,9E-01	8,7E+00	2,8E-01	NA	NA
	2023	NA	3,4E+00	1,9E-01	8,7E+00	2,8E-01	NA	NA
	2024	NA	3,4E+00	1,9E-01	8,7E+00	2,8E-01	NA	NA
3.B.1.a.iv.2. Vacas de baja Producción	1990-2000	NA	2,9E+00	1,9E-01	7,2E-01	2,9E-01	4,4E+01	7,0E-02
	2001	NA	2,9E+00	1,9E-01	7,2E-01	2,9E-01	4,4E+01	7,0E-02
	2002	NA	2,9E+00	1,9E-01	7,2E-01	2,9E-01	4,4E+01	7,0E-02
	2003	NA	2,9E+00	1,9E-01	7,2E-01	2,9E-01	4,5E+01	7,0E-02
	2004	NA	2,9E+00	1,9E-01	7,2E-01	2,9E-01	4,4E+01	7,0E-02
	2005	NA	2,9E+00	1,9E-01	7,2E-01	2,9E-01	4,4E+01	7,0E-02
	2006	NA	2,9E+00	1,9E-01	7,2E-01	2,9E-01	4,4E+01	7,0E-02
	2007	NA	2,9E+00	1,9E-01	7,2E-01	2,9E-01	4,4E+01	7,0E-02
	2008	NA	2,9E+00	1,9E-01	7,2E-01	2,9E-01	4,4E+01	7,0E-02

Subcategoría	Año	Vsrate. IPCC, 2019, Tabla 10.13A	Promedio de tasa excreción diaria de -VS- (kg MS cabeza día^{-1})	Promedio de producción potencial de CH_4 (m^3 kg VS)	Factor de emisión implícito de CH_4 (kg CH_4 cabeza Año^{-1})	Tasa de excreción por defecto de nitrógeno -Ntasa- (kg N). IPCC 2019, Tabla 10.19	Tasa de excreción de N -Nex- (kg N cabeza año^{-1})	Factor de emisión implícito de N_2O (kg N_2O cabeza Año^{-1})
	2009	NA	2,9E+00	1,9E-01	7,2E-01	2,9E-01	4,4E+01	7,0E-02
	2010	NA	2,9E+00	1,9E-01	7,2E-01	2,9E-01	4,4E+01	7,0E-02
	2011	NA	2,9E+00	1,9E-01	7,2E-01	2,9E-01	4,4E+01	7,0E-02
	2012	NA	2,9E+00	1,9E-01	7,2E-01	2,9E-01	4,4E+01	7,0E-02
	2013	NA	2,9E+00	1,9E-01	7,2E-01	2,9E-01	4,4E+01	7,0E-02
	2014	NA	2,9E+00	1,9E-01	7,2E-01	2,9E-01	4,4E+01	7,0E-02
	2015	NA	2,9E+00	1,9E-01	7,2E-01	2,9E-01	4,4E+01	7,0E-02
	2016	NA	2,9E+00	1,9E-01	7,3E-01	2,9E-01	4,4E+01	7,0E-02
	2017	NA	2,9E+00	1,9E-01	7,2E-01	2,9E-01	4,4E+01	7,0E-02
	2018	NA	2,9E+00	1,9E-01	7,2E-01	2,9E-01	4,5E+01	7,0E-02
	2019	NA	2,9E+00	1,9E-01	7,2E-01	2,9E-01	4,5E+01	7,0E-02
	2020	NA	2,9E+00	1,9E-01	7,2E-01	2,9E-01	4,5E+01	7,0E-02
	2021	NA	2,9E+00	1,9E-01	7,2E-01	2,9E-01	4,4E+01	7,0E-02
	2022	NA	2,9E+00	1,9E-01	7,2E-01	2,9E-01	4,4E+01	7,0E-02
	2023	NA	2,9E+00	1,9E-01	7,2E-01	2,9E-01	4,4E+01	7,0E-02
	2024	NA	2,9E+00	1,9E-01	7,2E-01	2,9E-01	4,4E+01	7,0E-02
3.B.1.a.iv.3. Vacas para producción de carne	1990-2000	NA	3,2E+00	1,9E-01	7,0E-01	2,9E-01	NA	NA
	2001	NA	3,2E+00	1,9E-01	7,0E-01	2,9E-01	NA	NA
	2002	NA	3,2E+00	1,9E-01	7,0E-01	2,9E-01	NA	NA
	2003	NA	3,2E+00	1,9E-01	7,0E-01	2,9E-01	NA	NA
	2004	NA	3,2E+00	1,9E-01	7,0E-01	2,9E-01	NA	NA
	2005	NA	3,2E+00	1,9E-01	7,0E-01	2,9E-01	NA	NA
	2006	NA	3,2E+00	1,9E-01	7,0E-01	2,9E-01	NA	NA
	2007	NA	3,2E+00	1,9E-01	7,0E-01	2,9E-01	NA	NA
	2008	NA	3,2E+00	1,9E-01	7,0E-01	2,9E-01	NA	NA
	2009	NA	3,2E+00	1,9E-01	7,0E-01	2,9E-01	NA	NA
	2010	NA	3,2E+00	1,9E-01	7,0E-01	2,9E-01	NA	NA
	2011	NA	3,2E+00	1,9E-01	7,0E-01	2,9E-01	NA	NA
	2012	NA	3,2E+00	1,9E-01	7,0E-01	2,9E-01	NA	NA
	2013	NA	3,2E+00	1,9E-01	7,0E-01	2,9E-01	NA	NA
	2014	NA	3,2E+00	1,9E-01	7,0E-01	2,9E-01	NA	NA
	2015	NA	3,2E+00	1,9E-01	7,0E-01	2,9E-01	NA	NA
	2016	NA	3,2E+00	1,9E-01	7,0E-01	2,9E-01	NA	NA
	2017	NA	3,2E+00	1,9E-01	7,0E-01	2,9E-01	NA	NA
	2018	NA	3,2E+00	1,9E-01	7,0E-01	2,9E-01	NA	NA
	2019	NA	3,2E+00	1,9E-01	7,0E-01	2,9E-01	NA	NA

Subcategoría	Año	Vsrate. IPCC, 2019, Tabla 10.13A	Promedio de tasa excreción diaria de -VS- (kg MS cabeza día^{-1})	Promedio de producción potencial de CH_4 (m^3 kg VS)	Factor de emisión implícito de CH_4 (kg CH_4 cabeza Año^{-1})	Tasa de excreción por defecto de nitrógeno -Ntasa- (kg N). IPCC 2019, Tabla 10.19	Tasa de excreción de N -Nex- (kg N cabeza año^{-1})	Factor de emisión implícito de N_2O (kg N_2O cabeza Año^{-1})
	2020	NA	3,2E+00	1,9E-01	7,0E-01	2,9E-01	NA	NA
	2021	NA	3,2E+00	1,9E-01	7,0E-01	2,9E-01	NA	NA
	2022	NA	3,2E+00	1,9E-01	7,0E-01	2,9E-01	NA	NA
	2023	NA	3,2E+00	1,9E-01	7,0E-01	2,9E-01	NA	NA
	2024	NA	3,2E+00	1,9E-01	7,0E-01	2,9E-01	NA	NA
3.B.1.a.iv.4. Toros utilizados con fines reproductivos	1990-2000	NA	3,6E+00	1,9E-01	7,8E-01	2,9E-01	NA	NA
	2001	NA	3,5E+00	1,9E-01	7,7E-01	2,9E-01	NA	NA
	2002	NA	3,5E+00	1,9E-01	7,7E-01	2,9E-01	NA	NA
	2003	NA	3,5E+00	1,9E-01	7,7E-01	2,9E-01	NA	NA
	2004	NA	3,5E+00	1,9E-01	7,7E-01	2,9E-01	NA	NA
	2005	NA	3,5E+00	1,9E-01	7,7E-01	2,9E-01	NA	NA
	2006	NA	3,5E+00	1,9E-01	7,7E-01	2,9E-01	NA	NA
	2007	NA	3,5E+00	1,9E-01	7,7E-01	2,9E-01	NA	NA
	2008	NA	3,5E+00	1,9E-01	7,7E-01	2,9E-01	NA	NA
	2009	NA	3,5E+00	1,9E-01	7,7E-01	2,9E-01	NA	NA
	2010	NA	3,5E+00	1,9E-01	7,7E-01	2,9E-01	NA	NA
	2011	NA	3,6E+00	1,9E-01	7,7E-01	2,9E-01	NA	NA
	2012	NA	3,6E+00	1,9E-01	7,8E-01	2,9E-01	NA	NA
	2013	NA	3,6E+00	1,9E-01	7,8E-01	2,9E-01	NA	NA
	2014	NA	3,6E+00	1,9E-01	7,8E-01	2,9E-01	NA	NA
	2015	NA	3,6E+00	1,9E-01	7,8E-01	2,9E-01	NA	NA
	2016	NA	3,6E+00	1,9E-01	7,8E-01	2,9E-01	NA	NA
	2017	NA	3,6E+00	1,9E-01	7,8E-01	2,9E-01	NA	NA
	2018	NA	3,6E+00	1,9E-01	7,8E-01	2,9E-01	NA	NA
	2019	NA	3,6E+00	1,9E-01	7,8E-01	2,9E-01	NA	NA
	2020	NA	3,6E+00	1,9E-01	7,8E-01	2,9E-01	NA	NA
	2021	NA	3,6E+00	1,9E-01	7,8E-01	2,9E-01	NA	NA
	2022	NA	3,6E+00	1,9E-01	7,8E-01	2,9E-01	NA	NA
	2023	NA	3,6E+00	1,9E-01	7,8E-01	2,9E-01	NA	NA
	2024	NA	3,6E+00	1,9E-01	7,8E-01	2,9E-01	NA	NA
3.B.1.a.iv.5. Terneros pre-destetos	1990-2000	NA	9,5E-01	1,9E-01	2,1E-01	2,9E-01	NA	NA
	2001	NA	9,4E-01	1,9E-01	2,0E-01	2,9E-01	NA	NA
	2002	NA	9,4E-01	1,9E-01	2,0E-01	2,9E-01	NA	NA
	2003	NA	9,4E-01	1,9E-01	2,0E-01	2,9E-01	NA	NA
	2004	NA	9,4E-01	1,9E-01	2,1E-01	2,9E-01	NA	NA
	2005	NA	9,4E-01	1,9E-01	2,1E-01	2,9E-01	NA	NA

Subcategoría	Año	Vsrate. IPCC, 2019, Tabla 10.13A	Promedio de tasa excreción diaria de -VS- (kg MS cabeza día^{-1})	Promedio de producción potencial de CH_4 (m^3 kg VS)	Factor de emisión implícito de CH_4 (kg CH_4 cabeza Año^{-1})	Tasa de excreción por defecto de nitrógeno -Ntasa- (kg N). IPCC 2019, Tabla 10.19	Tasa de excreción de N -Nex- (kg N cabeza año^{-1})	Factor de emisión implícito de N_2O (kg N_2O cabeza Año^{-1})
	2006	NA	9,4E-01	1,9E-01	2,1E-01	2,9E-01	NA	NA
	2007	NA	9,4E-01	1,9E-01	2,1E-01	2,9E-01	NA	NA
	2008	NA	9,4E-01	1,9E-01	2,1E-01	2,9E-01	NA	NA
	2009	NA	9,4E-01	1,9E-01	2,1E-01	2,9E-01	NA	NA
	2010	NA	9,4E-01	1,9E-01	2,1E-01	2,9E-01	NA	NA
	2011	NA	9,5E-01	1,9E-01	2,1E-01	2,9E-01	NA	NA
	2012	NA	9,4E-01	1,9E-01	2,1E-01	2,9E-01	NA	NA
	2013	NA	9,4E-01	1,9E-01	2,1E-01	2,9E-01	NA	NA
	2014	NA	9,4E-01	1,9E-01	2,1E-01	2,9E-01	NA	NA
	2015	NA	9,4E-01	1,9E-01	2,1E-01	2,9E-01	NA	NA
	2016	NA	9,4E-01	1,9E-01	2,1E-01	2,9E-01	NA	NA
	2017	NA	9,5E-01	1,9E-01	2,1E-01	2,9E-01	NA	NA
	2018	NA	9,5E-01	1,9E-01	2,1E-01	2,9E-01	NA	NA
	2019	NA	9,5E-01	1,9E-01	2,1E-01	2,9E-01	NA	NA
	2020	NA	9,5E-01	1,9E-01	2,1E-01	2,9E-01	NA	NA
	2021	NA	9,5E-01	1,9E-01	2,1E-01	2,9E-01	NA	NA
	2022	NA	9,5E-01	1,9E-01	2,1E-01	2,9E-01	NA	NA
	2023	NA	9,5E-01	1,9E-01	2,1E-01	2,9E-01	NA	NA
	2024	NA	9,5E-01	1,9E-01	2,1E-01	2,9E-01	NA	NA
3.B.1.a.iv.6. Novillas de reemplazo	1990-2000	NA	2,4E+00	1,9E-01	5,3E-01	2,9E-01	NA	NA
	2001	NA	2,4E+00	1,9E-01	5,3E-01	2,9E-01	NA	NA
	2002	NA	2,4E+00	1,9E-01	5,3E-01	2,9E-01	NA	NA
	2003	NA	2,4E+00	1,9E-01	5,3E-01	2,9E-01	NA	NA
	2004	NA	2,4E+00	1,9E-01	5,3E-01	2,9E-01	NA	NA
	2005	NA	2,4E+00	1,9E-01	5,3E-01	2,9E-01	NA	NA
	2006	NA	2,4E+00	1,9E-01	5,3E-01	2,9E-01	NA	NA
	2007	NA	2,4E+00	1,9E-01	5,3E-01	2,9E-01	NA	NA
	2008	NA	2,4E+00	1,9E-01	5,3E-01	2,9E-01	NA	NA
	2009	NA	2,4E+00	1,9E-01	5,3E-01	2,9E-01	NA	NA
	2010	NA	2,4E+00	1,9E-01	5,3E-01	2,9E-01	NA	NA
	2011	NA	2,4E+00	1,9E-01	5,3E-01	2,9E-01	NA	NA
	2012	NA	2,4E+00	1,9E-01	5,3E-01	2,9E-01	NA	NA
	2013	NA	2,4E+00	1,9E-01	5,3E-01	2,9E-01	NA	NA
	2014	NA	2,4E+00	1,9E-01	5,3E-01	2,9E-01	NA	NA
	2015	NA	2,4E+00	1,9E-01	5,3E-01	2,9E-01	NA	NA
	2016	NA	2,4E+00	1,9E-01	5,3E-01	2,9E-01	NA	NA

Subcategoría	Año	Vsrate. IPCC, 2019, Tabla 10.13A	Promedio de tasa excreción diaria de -VS- (kg MS cabeza día^{-1})	Promedio de producción potencial de CH_4 (m^3 kg VS)	Factor de emisión implícito de CH_4 (kg CH_4 cabeza Año^{-1})	Tasa de excreción por defecto de nitrógeno -Ntasa- (kg N). IPCC 2019, Tabla 10.19	Tasa de excreción de N -Nex- (kg N cabeza año^{-1})	Factor de emisión implícito de N_2O (kg N_2O cabeza Año^{-1})
	2017	NA	2,4E+00	1,9E-01	5,3E-01	2,9E-01	NA	NA
	2018	NA	2,4E+00	1,9E-01	5,3E-01	2,9E-01	NA	NA
	2019	NA	2,4E+00	1,9E-01	5,3E-01	2,9E-01	NA	NA
	2020	NA	2,4E+00	1,9E-01	5,3E-01	2,9E-01	NA	NA
	2021	NA	2,4E+00	1,9E-01	5,3E-01	2,9E-01	NA	NA
	2022	NA	2,4E+00	1,9E-01	5,3E-01	2,9E-01	NA	NA
	2023	NA	2,4E+00	1,9E-01	5,3E-01	2,9E-01	NA	NA
	2024	NA	2,4E+00	1,9E-01	5,3E-01	2,9E-01	NA	NA
3.B.1.a.iv.7. Ganado de engorde	1990-2000	NA	2,1E+00	1,9E-01	4,6E-01	2,9E-01	NA	NA
	2001	NA	2,1E+00	1,9E-01	4,6E-01	2,9E-01	NA	NA
	2002	NA	2,1E+00	1,9E-01	4,6E-01	2,9E-01	NA	NA
	2003	NA	2,1E+00	1,9E-01	4,6E-01	2,9E-01	NA	NA
	2004	NA	2,1E+00	1,9E-01	4,6E-01	2,9E-01	NA	NA
	2005	NA	2,1E+00	1,9E-01	4,6E-01	2,9E-01	NA	NA
	2006	NA	2,1E+00	1,9E-01	4,6E-01	2,9E-01	NA	NA
	2007	NA	2,1E+00	1,9E-01	4,6E-01	2,9E-01	NA	NA
	2008	NA	2,1E+00	1,9E-01	4,6E-01	2,9E-01	NA	NA
	2009	NA	2,1E+00	1,9E-01	4,6E-01	2,9E-01	NA	NA
	2010	NA	2,1E+00	1,9E-01	4,6E-01	2,9E-01	NA	NA
	2011	NA	2,1E+00	1,9E-01	4,6E-01	2,9E-01	NA	NA
	2012	NA	2,1E+00	1,9E-01	4,6E-01	2,9E-01	NA	NA
	2013	NA	2,1E+00	1,9E-01	4,6E-01	2,9E-01	NA	NA
	2014	NA	2,1E+00	1,9E-01	4,6E-01	2,9E-01	NA	NA
	2015	NA	2,1E+00	1,9E-01	4,6E-01	2,9E-01	NA	NA
	2016	NA	2,1E+00	1,9E-01	4,6E-01	2,9E-01	NA	NA
	2017	NA	2,1E+00	1,9E-01	4,6E-01	2,9E-01	NA	NA
	2018	NA	2,1E+00	1,9E-01	4,6E-01	2,9E-01	NA	NA
	2019	NA	2,1E+00	1,9E-01	4,6E-01	2,9E-01	NA	NA
	2020	NA	2,1E+00	1,9E-01	4,6E-01	2,9E-01	NA	NA
	2021	NA	2,1E+00	1,9E-01	4,6E-01	2,9E-01	NA	NA
	2022	NA	2,1E+00	1,9E-01	4,6E-01	2,9E-01	NA	NA
	2023	NA	2,1E+00	1,9E-01	4,6E-01	2,9E-01	NA	NA
	2024	NA	2,1E+00	1,9E-01	4,6E-01	2,9E-01	NA	NA
3.B.2.a.i. Ovinos	1990	8,3E+00	2,0E-01	NA	7,0E-02	3,2E-01	2,8E+00	3,0E-02
	1991	8,3E+00	2,0E-01	NA	7,0E-02	3,2E-01	2,8E+00	3,0E-02
	1992	8,3E+00	2,0E-01	NA	7,0E-02	3,2E-01	2,8E+00	3,0E-02

Subcategoría	Año	Vsrate. IPCC, 2019, Tabla 10.13A	Promedio de tasa excreción diaria de -VS- (kg MS cabeza día^{-1})	Promedio de producción potencial de CH_4 (m^3 kg VS)	Factor de emisión implícito de CH_4 (kg CH_4 cabeza Año^{-1})	Tasa de excreción por defecto de nitrógeno -Ntasa- (kg N). IPCC 2019, Tabla 10.19	Tasa de excreción de N -Nex- (kg N cabeza año^{-1})	Factor de emisión implícito de N_2O (kg N_2O cabeza Año^{-1})
	1993	8,3E+00	2,0E-01	NA	7,0E-02	3,2E-01	2,8E+00	3,0E-02
	1994	8,3E+00	2,0E-01	NA	7,0E-02	3,2E-01	2,8E+00	3,0E-02
	1995	8,3E+00	2,0E-01	NA	7,0E-02	3,2E-01	2,8E+00	3,0E-02
	1996	8,3E+00	2,0E-01	NA	7,0E-02	3,2E-01	2,8E+00	3,0E-02
	1997	8,3E+00	2,0E-01	NA	7,0E-02	3,2E-01	2,8E+00	3,0E-02
	1998	8,3E+00	2,0E-01	NA	7,0E-02	3,2E-01	2,8E+00	3,0E-02
	1999	8,3E+00	2,0E-01	NA	7,0E-02	3,2E-01	2,8E+00	3,0E-02
	2000	8,3E+00	2,0E-01	NA	7,0E-02	3,2E-01	2,8E+00	3,0E-02
	2001	8,3E+00	2,0E-01	NA	7,0E-02	3,2E-01	2,8E+00	3,0E-02
	2002	8,3E+00	2,0E-01	NA	7,0E-02	3,2E-01	2,8E+00	3,0E-02
	2003	8,3E+00	2,0E-01	NA	7,0E-02	3,2E-01	2,8E+00	3,0E-02
	2004	8,3E+00	2,0E-01	NA	7,0E-02	3,2E-01	2,8E+00	3,0E-02
	2005	8,3E+00	2,0E-01	NA	7,0E-02	3,2E-01	2,8E+00	3,0E-02
	2006	8,3E+00	2,0E-01	NA	7,0E-02	3,2E-01	2,8E+00	3,0E-02
	2007	8,3E+00	2,0E-01	NA	7,0E-02	3,2E-01	2,8E+00	3,0E-02
	2008	8,3E+00	2,0E-01	NA	7,0E-02	3,2E-01	2,8E+00	3,0E-02
	2009	8,3E+00	2,0E-01	NA	7,0E-02	3,2E-01	2,8E+00	3,0E-02
	2010	8,3E+00	2,0E-01	NA	7,0E-02	3,2E-01	2,8E+00	3,0E-02
	2011	8,3E+00	2,0E-01	NA	7,0E-02	3,2E-01	2,8E+00	3,0E-02
	2012	8,3E+00	2,0E-01	NA	7,0E-02	3,2E-01	2,8E+00	3,0E-02
	2013	8,3E+00	2,0E-01	NA	7,0E-02	3,2E-01	2,8E+00	3,0E-02
	2014	8,3E+00	2,0E-01	NA	7,0E-02	3,2E-01	2,8E+00	3,0E-02
	2015	8,3E+00	2,0E-01	NA	7,0E-02	3,2E-01	2,8E+00	3,0E-02
	2016	8,3E+00	2,0E-01	NA	7,0E-02	3,2E-01	2,8E+00	3,0E-02
	2017	8,3E+00	2,0E-01	NA	7,0E-02	3,2E-01	2,8E+00	3,0E-02
	2018	8,3E+00	2,0E-01	NA	7,0E-02	3,2E-01	2,8E+00	3,0E-02
	2019	8,3E+00	2,0E-01	NA	7,0E-02	3,2E-01	2,8E+00	3,0E-02
	2020	8,3E+00	2,0E-01	NA	7,0E-02	3,2E-01	2,8E+00	3,0E-02
	2021	8,3E+00	2,0E-01	NA	7,0E-02	3,2E-01	2,8E+00	3,0E-02
	2022	8,3E+00	2,0E-01	NA	7,0E-02	3,2E-01	2,8E+00	3,0E-02
	2023	8,3E+00	2,0E-01	NA	7,0E-02	3,2E-01	2,8E+00	3,0E-02
	2024	8,3E+00	2,0E-01	NA	7,0E-02	3,2E-01	2,8E+00	3,0E-02
3.B.3.a.i. Porcinos < 6 meses	1990	4,3E+00	2,5E-01	NA	5,6E+00	6,9E-01	1,5E+01	1,3E-01
	1991	4,3E+00	2,5E-01	NA	5,6E+00	6,9E-01	1,5E+01	1,3E-01
	1992	4,3E+00	2,5E-01	NA	5,6E+00	6,9E-01	1,5E+01	1,3E-01
	1993	4,3E+00	2,5E-01	NA	5,6E+00	6,9E-01	1,5E+01	1,3E-01

Subcategoría	Año	Vsrate. IPCC, 2019, Tabla 10.13A	Promedio de tasa excreción diaria de -VS- (kg MS cabeza día^{-1})	Promedio de producción potencial de CH_4 (m^3 kg VS)	Factor de emisión implícito de CH_4 (kg CH_4 cabeza Año^{-1})	Tasa de excreción por defecto de nitrógeno -Ntasa- (kg N). IPCC 2019, Tabla 10.19	Tasa de excreción de N -Nex- (kg N cabeza año^{-1})	Factor de emisión implícito de N_2O (kg N_2O cabeza Año^{-1})
	1994	4,3E+00	2,5E-01	NA	5,6E+00	6,9E-01	1,5E+01	1,3E-01
	1995	4,3E+00	2,5E-01	NA	5,6E+00	6,9E-01	1,5E+01	1,3E-01
	1996	4,3E+00	2,5E-01	NA	5,6E+00	6,9E-01	1,5E+01	1,3E-01
	1997	4,3E+00	2,5E-01	NA	5,6E+00	6,9E-01	1,5E+01	1,3E-01
	1998	4,3E+00	2,5E-01	NA	5,6E+00	6,9E-01	1,5E+01	1,3E-01
	1999	4,3E+00	2,5E-01	NA	5,6E+00	6,9E-01	1,5E+01	1,3E-01
	2000	4,3E+00	2,5E-01	NA	5,6E+00	6,9E-01	1,5E+01	1,3E-01
	2001	4,3E+00	2,5E-01	NA	5,6E+00	6,9E-01	1,5E+01	1,3E-01
	2002	4,3E+00	2,5E-01	NA	5,6E+00	6,9E-01	1,5E+01	1,3E-01
	2003	4,3E+00	2,5E-01	NA	5,6E+00	6,9E-01	1,5E+01	1,3E-01
	2004	4,3E+00	2,5E-01	NA	5,6E+00	6,9E-01	1,5E+01	1,3E-01
	2005	4,3E+00	2,5E-01	NA	5,3E+00	6,9E-01	1,5E+01	1,3E-01
	2006	4,3E+00	2,5E-01	NA	5,9E+00	6,9E-01	1,5E+01	1,3E-01
	2007	4,3E+00	2,5E-01	NA	5,6E+00	6,9E-01	1,5E+01	1,3E-01
	2008	4,3E+00	2,5E-01	NA	5,7E+00	6,9E-01	1,5E+01	1,3E-01
	2009	4,3E+00	2,5E-01	NA	5,6E+00	6,9E-01	1,5E+01	1,3E-01
	2010	4,3E+00	2,5E-01	NA	5,5E+00	6,9E-01	1,5E+01	1,3E-01
	2011	4,3E+00	2,5E-01	NA	5,7E+00	6,9E-01	1,5E+01	1,3E-01
	2012	4,3E+00	2,5E-01	NA	5,7E+00	6,9E-01	1,5E+01	1,3E-01
	2013	4,3E+00	2,5E-01	NA	5,8E+00	6,9E-01	1,5E+01	1,3E-01
	2014	4,3E+00	2,5E-01	NA	5,5E+00	6,9E-01	1,5E+01	1,3E-01
	2015	4,3E+00	2,5E-01	NA	5,6E+00	6,9E-01	1,5E+01	1,3E-01
	2016	4,3E+00	2,5E-01	NA	5,9E+00	6,9E-01	1,5E+01	1,3E-01
	2017	4,3E+00	2,5E-01	NA	5,8E+00	6,9E-01	1,5E+01	1,3E-01
	2018	4,3E+00	2,5E-01	NA	5,9E+00	6,9E-01	1,5E+01	1,3E-01
	2019	4,3E+00	2,5E-01	NA	5,8E+00	6,9E-01	1,5E+01	1,3E-01
	2020	4,3E+00	2,5E-01	NA	5,8E+00	6,9E-01	1,5E+01	1,2E-01
	2021	4,3E+00	2,5E-01	NA	6,8E+00	6,9E-01	1,5E+01	1,2E-01
	2022	4,3E+00	2,5E-01	NA	6,8E+00	6,9E-01	1,5E+01	1,2E-01
	2023	4,3E+00	2,5E-01	NA	6,8E+00	6,9E-01	1,5E+01	1,2E-01
	2024	4,3E+00	2,5E-01	NA	6,8E+00	6,9E-01	1,5E+01	1,2E-01
3.B.3.a.ii. Porcinos > 6 meses	1990	1,7E+00	3,5E-01	NA	7,9E+00	3,2E-01	2,4E+01	2,0E-01
	1991	1,7E+00	3,5E-01	NA	7,9E+00	3,2E-01	2,4E+01	2,0E-01
	1992	1,7E+00	3,5E-01	NA	7,9E+00	3,2E-01	2,4E+01	2,0E-01
	1993	1,7E+00	3,5E-01	NA	7,9E+00	3,2E-01	2,4E+01	2,0E-01
	1994	1,7E+00	3,5E-01	NA	7,9E+00	3,2E-01	2,4E+01	2,0E-01

Subcategoría	Año	Vsrate. IPCC, 2019, Tabla 10.13A	Promedio de tasa excreción diaria de -VS- (kg MS cabeza día^{-1})	Promedio de producción potencial de CH_4 (m^3 kg VS)	Factor de emisión implícito de CH_4 (kg CH_4 cabeza Año^{-1})	Tasa de excreción por defecto de nitrógeno -Ntasa- (kg N). IPCC 2019, Tabla 10.19	Tasa de excreción de N -Nex- (kg N cabeza año^{-1})	Factor de emisión implícito de N_2O (kg N_2O cabeza Año^{-1})
	1995	1,7E+00	3,5E-01	NA	8,0E+00	3,2E-01	2,4E+01	2,0E-01
	1996	1,7E+00	3,5E-01	NA	8,0E+00	3,2E-01	2,4E+01	2,0E-01
	1997	1,7E+00	3,5E-01	NA	7,9E+00	3,2E-01	2,4E+01	2,0E-01
	1998	1,7E+00	3,5E-01	NA	7,9E+00	3,2E-01	2,4E+01	2,0E-01
	1999	1,7E+00	3,5E-01	NA	8,0E+00	3,2E-01	2,4E+01	2,0E-01
	2000	1,7E+00	3,5E-01	NA	8,0E+00	3,2E-01	2,4E+01	2,0E-01
	2001	1,7E+00	3,5E-01	NA	8,0E+00	3,2E-01	2,4E+01	2,0E-01
	2002	1,7E+00	3,5E-01	NA	8,0E+00	3,2E-01	2,4E+01	2,0E-01
	2003	1,7E+00	3,5E-01	NA	7,9E+00	3,2E-01	2,4E+01	2,0E-01
	2004	1,7E+00	3,5E-01	NA	8,0E+00	3,2E-01	2,4E+01	2,0E-01
	2005	1,7E+00	3,5E-01	NA	7,7E+00	3,2E-01	2,4E+01	2,2E-01
	2006	1,7E+00	3,5E-01	NA	8,3E+00	3,2E-01	2,4E+01	2,1E-01
	2007	1,7E+00	3,5E-01	NA	8,0E+00	3,2E-01	2,4E+01	2,0E-01
	2008	1,7E+00	3,5E-01	NA	8,3E+00	3,2E-01	2,4E+01	2,0E-01
	2009	1,7E+00	3,5E-01	NA	8,0E+00	3,2E-01	2,4E+01	2,0E-01
	2010	1,7E+00	3,5E-01	NA	7,9E+00	3,2E-01	2,4E+01	2,0E-01
	2011	1,7E+00	3,5E-01	NA	8,1E+00	3,2E-01	2,4E+01	2,0E-01
	2012	1,7E+00	3,5E-01	NA	8,3E+00	3,2E-01	2,4E+01	2,0E-01
	2013	1,7E+00	3,5E-01	NA	8,3E+00	3,2E-01	2,4E+01	2,0E-01
	2014	1,7E+00	3,5E-01	NA	7,8E+00	3,2E-01	2,4E+01	2,0E-01
	2015	1,7E+00	3,5E-01	NA	8,4E+00	3,2E-01	2,4E+01	2,0E-01
	2016	1,7E+00	3,5E-01	NA	8,8E+00	3,2E-01	2,4E+01	2,0E-01
	2017	1,7E+00	3,5E-01	NA	9,1E+00	3,2E-01	2,4E+01	2,0E-01
	2018	1,7E+00	3,5E-01	NA	7,7E+00	3,2E-01	2,4E+01	2,1E-01
	2019	1,7E+00	3,5E-01	NA	7,5E+00	3,2E-01	2,4E+01	2,0E-01
	2020	1,7E+00	3,5E-01	NA	7,8E+00	3,2E-01	2,4E+01	2,0E-01
	2021	1,7E+00	3,5E-01	NA	9,5E+00	3,2E-01	2,4E+01	2,0E-01
	2022	1,7E+00	3,5E-01	NA	9,5E+00	3,2E-01	2,4E+01	2,0E-01
	2023	1,7E+00	3,5E-01	NA	9,5E+00	3,2E-01	2,4E+01	2,0E-01
	2024	1,7E+00	3,5E-01	NA	9,5E+00	3,2E-01	2,4E+01	2,0E-01
3.B.3.a.iii. Porcinos baja productividad	1990	4,8E+00	5,8E-01	NA	9,1E+00	6,7E-01	3,0E+01	2,8E-01
	1991	4,8E+00	5,8E-01	NA	9,1E+00	6,7E-01	3,0E+01	2,8E-01
	1992	4,8E+00	5,8E-01	NA	9,1E+00	6,7E-01	3,0E+01	2,8E-01
	1993	4,8E+00	5,8E-01	NA	9,1E+00	6,7E-01	3,0E+01	2,8E-01
	1994	4,8E+00	5,8E-01	NA	9,1E+00	6,7E-01	3,0E+01	2,8E-01
	1995	4,8E+00	5,8E-01	NA	9,4E+00	6,7E-01	3,0E+01	2,8E-01

Subcategoría	Año	Vsrate. IPCC, 2019, Tabla 10.13A	Promedio de tasa excreción diaria de -VS- (kg MS cabeza día^{-1})	Promedio de producción potencial de CH_4 (m^3 kg VS)	Factor de emisión implícito de CH_4 (kg CH_4 cabeza Año^{-1})	Tasa de excreción por defecto de nitrógeno -Ntasa- (kg N). IPCC 2019, Tabla 10.19	Tasa de excreción de N -Nex- (kg N cabeza año^{-1})	Factor de emisión implícito de N_2O (kg N_2O cabeza Año^{-1})
	1996	4,8E+00	5,8E-01	NA	9,3E+00	6,7E-01	3,0E+01	2,8E-01
	1997	4,8E+00	5,8E-01	NA	9,1E+00	6,7E-01	3,0E+01	2,8E-01
	1998	4,8E+00	5,8E-01	NA	9,1E+00	6,7E-01	3,0E+01	2,8E-01
	1999	4,8E+00	5,8E-01	NA	9,3E+00	6,7E-01	3,0E+01	2,8E-01
	2000	4,8E+00	5,8E-01	NA	9,4E+00	6,7E-01	3,0E+01	2,8E-01
	2001	4,8E+00	5,8E-01	NA	9,4E+00	6,7E-01	3,0E+01	2,8E-01
	2002	4,8E+00	5,8E-01	NA	9,4E+00	6,7E-01	3,0E+01	2,8E-01
	2003	4,8E+00	5,8E-01	NA	9,2E+00	6,7E-01	3,0E+01	2,8E-01
	2004	4,8E+00	5,8E-01	NA	9,4E+00	6,7E-01	3,0E+01	2,8E-01
	2005	4,8E+00	5,8E-01	NA	9,5E+00	6,7E-01	3,0E+01	2,8E-01
	2006	4,8E+00	5,8E-01	NA	9,4E+00	6,7E-01	3,0E+01	2,8E-01
	2007	4,8E+00	5,8E-01	NA	9,3E+00	6,7E-01	3,0E+01	2,8E-01
	2008	4,8E+00	5,8E-01	NA	9,8E+00	6,7E-01	3,0E+01	2,8E-01
	2009	4,8E+00	5,8E-01	NA	9,7E+00	6,7E-01	3,0E+01	2,8E-01
	2010	4,8E+00	5,8E-01	NA	9,7E+00	6,7E-01	3,0E+01	2,8E-01
	2011	4,8E+00	5,8E-01	NA	9,4E+00	6,7E-01	3,0E+01	2,8E-01
	2012	4,8E+00	5,8E-01	NA	9,4E+00	6,7E-01	3,0E+01	2,8E-01
	2013	4,8E+00	5,8E-01	NA	9,6E+00	6,7E-01	3,0E+01	2,8E-01
	2014	4,8E+00	5,8E-01	NA	9,3E+00	6,7E-01	3,0E+01	2,8E-01
	2015	4,8E+00	5,8E-01	NA	9,3E+00	6,7E-01	3,0E+01	2,8E-01
	2016	4,8E+00	5,8E-01	NA	9,5E+00	6,7E-01	3,0E+01	2,8E-01
	2017	4,8E+00	5,8E-01	NA	1,0E+01	6,7E-01	3,0E+01	2,8E-01
	2018	4,8E+00	5,8E-01	NA	1,1E+01	6,7E-01	3,0E+01	2,8E-01
	2019	4,8E+00	5,8E-01	NA	1,0E+01	6,7E-01	3,0E+01	2,8E-01
	2020	4,8E+00	5,8E-01	NA	1,0E+01	6,7E-01	3,0E+01	2,8E-01
	2021	4,8E+00	5,8E-01	NA	1,0E+01	6,7E-01	3,0E+01	2,8E-01
	2022	4,8E+00	5,8E-01	NA	1,0E+01	6,7E-01	3,0E+01	2,8E-01
	2023	4,8E+00	5,8E-01	NA	1,0E+01	6,7E-01	3,0E+01	2,8E-01
	2024	4,8E+00	5,8E-01	NA	1,0E+01	6,7E-01	3,0E+01	2,8E-01
3.B.4.a. Búfalos	1990	1,1E+01	6,5E+00	NA	1,5E+00	4,1E-01	6,3E+01	9,9E-02
	1991	1,1E+01	6,5E+00	NA	1,5E+00	4,1E-01	6,3E+01	9,9E-02
	1992	1,1E+01	6,5E+00	NA	1,5E+00	4,1E-01	6,3E+01	9,9E-02
	1993	1,1E+01	6,5E+00	NA	1,5E+00	4,1E-01	6,3E+01	9,9E-02
	1994	1,1E+01	6,5E+00	NA	1,5E+00	4,1E-01	6,3E+01	9,9E-02
	1995	1,1E+01	6,5E+00	NA	1,5E+00	4,1E-01	6,3E+01	9,9E-02
	1996	1,1E+01	6,5E+00	NA	1,5E+00	4,1E-01	6,3E+01	9,9E-02

Subcategoría	Año	Vsrate. IPCC, 2019, Tabla 10.13A	Promedio de tasa excreción diaria de -VS- (kg MS cabeza día^{-1})	Promedio de producción potencial de CH_4 (m^3 kg VS)	Factor de emisión implícito de CH_4 (kg CH_4 cabeza Año^{-1})	Tasa de excreción por defecto de nitrógeno -Ntasa- (kg N). IPCC 2019, Tabla 10.19	Tasa de excreción de N -Nex- (kg N cabeza año^{-1})	Factor de emisión implícito de N_2O (kg N_2O cabeza Año^{-1})
	1997	1,1E+01	6,5E+00	NA	1,5E+00	4,1E-01	6,3E+01	9,9E-02
	1998	1,1E+01	6,5E+00	NA	1,5E+00	4,1E-01	6,3E+01	9,9E-02
	1999	1,1E+01	6,5E+00	NA	1,5E+00	4,1E-01	6,3E+01	9,9E-02
	2000	1,1E+01	6,5E+00	NA	1,5E+00	4,1E-01	6,3E+01	9,9E-02
	2001	1,1E+01	6,5E+00	NA	1,5E+00	4,1E-01	6,3E+01	9,9E-02
	2002	1,1E+01	6,5E+00	NA	1,5E+00	4,1E-01	6,3E+01	9,9E-02
	2003	1,1E+01	6,5E+00	NA	1,5E+00	4,1E-01	6,3E+01	9,9E-02
	2004	1,1E+01	6,5E+00	NA	1,5E+00	4,1E-01	6,3E+01	9,9E-02
	2005	1,1E+01	6,5E+00	NA	1,5E+00	4,1E-01	6,3E+01	9,9E-02
	2006	1,1E+01	6,5E+00	NA	1,5E+00	4,1E-01	6,3E+01	9,9E-02
	2007	1,1E+01	6,5E+00	NA	1,5E+00	4,1E-01	6,3E+01	9,9E-02
	2008	1,1E+01	6,5E+00	NA	1,5E+00	4,1E-01	6,3E+01	9,9E-02
	2009	1,1E+01	6,5E+00	NA	1,5E+00	4,1E-01	6,3E+01	9,9E-02
	2010	1,1E+01	6,5E+00	NA	1,5E+00	4,1E-01	6,3E+01	9,9E-02
	2011	1,1E+01	6,5E+00	NA	1,5E+00	4,1E-01	6,3E+01	9,9E-02
	2012	1,1E+01	6,5E+00	NA	1,5E+00	4,1E-01	6,3E+01	9,9E-02
	2013	1,1E+01	6,5E+00	NA	1,5E+00	4,1E-01	6,3E+01	9,9E-02
	2014	1,1E+01	6,5E+00	NA	1,5E+00	4,1E-01	6,3E+01	9,9E-02
	2015	1,1E+01	6,5E+00	NA	1,5E+00	4,1E-01	6,3E+01	9,9E-02
	2016	1,1E+01	6,5E+00	NA	1,5E+00	4,1E-01	6,3E+01	9,9E-02
	2017	1,1E+01	6,5E+00	NA	1,5E+00	4,1E-01	6,3E+01	9,9E-02
	2018	1,1E+01	6,5E+00	NA	1,5E+00	4,1E-01	6,3E+01	9,9E-02
	2019	1,1E+01	6,5E+00	NA	1,5E+00	4,1E-01	6,3E+01	9,9E-02
	2020	1,1E+01	6,5E+00	NA	1,5E+00	4,1E-01	6,3E+01	9,9E-02
	2021	1,1E+01	6,5E+00	NA	1,5E+00	4,1E-01	6,3E+01	9,9E-02
	2022	1,1E+01	6,5E+00	NA	1,5E+00	4,1E-01	6,3E+01	9,9E-02
	2023	1,1E+01	6,5E+00	NA	1,5E+00	4,1E-01	6,3E+01	9,9E-02
	2024	1,1E+01	6,5E+00	NA	1,5E+00	4,1E-01	6,3E+01	9,9E-02
3.B.4.d. Caprinos	1990	1,0E+01	2,6E-01	NA	8,7E-02	3,4E-01	3,1E+00	2,9E-02
	1991	1,0E+01	2,6E-01	NA	8,7E-02	3,4E-01	3,1E+00	2,9E-02
	1992	1,0E+01	2,6E-01	NA	8,7E-02	3,4E-01	3,1E+00	2,9E-02
	1993	1,0E+01	2,6E-01	NA	8,6E-02	3,4E-01	3,1E+00	2,9E-02
	1994	1,0E+01	2,6E-01	NA	8,6E-02	3,4E-01	3,1E+00	2,9E-02
	1995	1,0E+01	2,6E-01	NA	8,6E-02	3,4E-01	3,1E+00	2,9E-02
	1996	1,0E+01	2,6E-01	NA	8,6E-02	3,4E-01	3,1E+00	2,9E-02
	1997	1,0E+01	2,6E-01	NA	8,6E-02	3,4E-01	3,1E+00	2,9E-02

Subcategoría	Año	Vsrate. IPCC, 2019, Tabla 10.13A	Promedio de tasa excreción diaria de -VS- (kg MS cabeza día^{-1})	Promedio de producción potencial de CH_4 (m^3 kg VS)	Factor de emisión implícito de CH_4 (kg CH_4 cabeza Año^{-1})	Tasa de excreción por defecto de nitrógeno -Ntasa- (kg N). IPCC 2019, Tabla 10.19	Tasa de excreción de N -Nex- (kg N cabeza año^{-1})	Factor de emisión implícito de N_2O (kg N_2O cabeza Año^{-1})
	1998	1,0E+01	2,6E-01	NA	8,6E-02	3,4E-01	3,1E+00	2,9E-02
	1999	1,0E+01	2,6E-01	NA	8,6E-02	3,4E-01	3,1E+00	2,9E-02
	2000	1,0E+01	2,6E-01	NA	8,6E-02	3,4E-01	3,1E+00	2,9E-02
	2001	1,0E+01	2,6E-01	NA	8,6E-02	3,4E-01	3,1E+00	2,9E-02
	2002	1,0E+01	2,6E-01	NA	8,6E-02	3,4E-01	3,1E+00	2,9E-02
	2003	1,0E+01	2,6E-01	NA	8,6E-02	3,4E-01	3,1E+00	2,9E-02
	2004	1,0E+01	2,6E-01	NA	8,6E-02	3,4E-01	3,1E+00	2,9E-02
	2005	1,0E+01	2,6E-01	NA	8,6E-02	3,4E-01	3,1E+00	2,9E-02
	2006	1,0E+01	2,6E-01	NA	8,6E-02	3,4E-01	3,1E+00	2,9E-02
	2007	1,0E+01	2,6E-01	NA	8,6E-02	3,4E-01	3,1E+00	2,9E-02
	2008	1,0E+01	2,6E-01	NA	8,5E-02	3,4E-01	3,1E+00	2,9E-02
	2009	1,0E+01	2,6E-01	NA	8,6E-02	3,4E-01	3,1E+00	2,9E-02
	2010	1,0E+01	2,6E-01	NA	8,7E-02	3,4E-01	3,1E+00	2,9E-02
	2011	1,0E+01	2,6E-01	NA	8,7E-02	3,4E-01	3,1E+00	2,9E-02
	2012	1,0E+01	2,6E-01	NA	8,7E-02	3,4E-01	3,1E+00	2,9E-02
	2013	1,0E+01	2,6E-01	NA	8,7E-02	3,4E-01	3,1E+00	2,9E-02
	2014	1,0E+01	2,6E-01	NA	8,6E-02	3,4E-01	3,1E+00	2,9E-02
	2015	1,0E+01	2,6E-01	NA	8,6E-02	3,4E-01	3,1E+00	2,9E-02
	2016	1,0E+01	2,6E-01	NA	8,6E-02	3,4E-01	3,1E+00	2,9E-02
	2017	1,0E+01	2,6E-01	NA	8,6E-02	3,4E-01	3,1E+00	2,9E-02
	2018	1,0E+01	2,6E-01	NA	8,6E-02	3,4E-01	3,1E+00	2,9E-02
	2019	1,0E+01	2,6E-01	NA	8,6E-02	3,4E-01	3,1E+00	2,9E-02
	2020	1,0E+01	2,6E-01	NA	8,6E-02	3,4E-01	3,1E+00	2,9E-02
	2021	1,0E+01	2,6E-01	NA	8,6E-02	3,4E-01	3,1E+00	2,9E-02
	2022	1,0E+01	2,6E-01	NA	8,6E-02	3,4E-01	3,1E+00	2,9E-02
	2023	1,0E+01	2,6E-01	NA	8,6E-02	3,4E-01	3,1E+00	2,9E-02
	2024	1,0E+01	2,6E-01	NA	8,6E-02	3,4E-01	3,1E+00	2,9E-02
3.B.4.e. Caballos	1990	7,2E+00	2,2E+00	NA	1,8E+00	4,6E-01	5,2E+01	1,7E-01
	1991	7,2E+00	2,2E+00	NA	1,8E+00	4,6E-01	5,2E+01	1,7E-01
	1992	7,2E+00	2,2E+00	NA	1,8E+00	4,6E-01	5,2E+01	1,7E-01
	1993	7,2E+00	2,2E+00	NA	1,8E+00	4,6E-01	5,2E+01	1,7E-01
	1994	7,2E+00	2,2E+00	NA	1,8E+00	4,6E-01	5,2E+01	1,7E-01
	1995	7,2E+00	2,2E+00	NA	1,8E+00	4,6E-01	5,2E+01	1,7E-01
	1996	7,2E+00	2,2E+00	NA	1,8E+00	4,6E-01	5,2E+01	1,7E-01
	1997	7,2E+00	2,2E+00	NA	1,8E+00	4,6E-01	5,2E+01	1,7E-01
	1998	7,2E+00	2,2E+00	NA	1,8E+00	4,6E-01	5,2E+01	1,7E-01

Subcategoría	Año	Vsrate. IPCC, 2019, Tabla 10.13A	Promedio de tasa excreción diaria de -VS- (kg MS cabeza día^{-1})	Promedio de producción potencial de CH_4 (m^3 kg VS)	Factor de emisión implícito de CH_4 (kg CH_4 cabeza Año^{-1})	Tasa de excreción por defecto de nitrógeno -Ntasa- (kg N). IPCC 2019, Tabla 10.19	Tasa de excreción de N -Nex- (kg N cabeza año^{-1})	Factor de emisión implícito de N_2O (kg N_2O cabeza Año^{-1})
	1999	7,2E+00	2,2E+00	NA	1,8E+00	4,6E-01	5,2E+01	1,7E-01
	2000	7,2E+00	2,2E+00	NA	1,8E+00	4,6E-01	5,2E+01	1,7E-01
	2001	7,2E+00	2,2E+00	NA	1,8E+00	4,6E-01	5,2E+01	1,7E-01
	2002	7,2E+00	2,2E+00	NA	1,8E+00	4,6E-01	5,2E+01	1,7E-01
	2003	7,2E+00	2,2E+00	NA	1,8E+00	4,6E-01	5,2E+01	1,7E-01
	2004	7,2E+00	2,2E+00	NA	1,8E+00	4,6E-01	5,2E+01	1,7E-01
	2005	7,2E+00	2,2E+00	NA	1,9E+00	4,6E-01	5,3E+01	1,8E-01
	2006	7,2E+00	2,2E+00	NA	1,9E+00	4,6E-01	5,2E+01	1,8E-01
	2007	7,2E+00	2,2E+00	NA	1,8E+00	4,6E-01	5,2E+01	1,7E-01
	2008	7,2E+00	2,2E+00	NA	1,8E+00	4,6E-01	5,2E+01	1,7E-01
	2009	7,2E+00	2,2E+00	NA	1,8E+00	4,6E-01	5,2E+01	1,7E-01
	2010	7,2E+00	2,2E+00	NA	1,7E+00	4,6E-01	5,2E+01	1,6E-01
	2011	7,2E+00	2,2E+00	NA	1,8E+00	4,6E-01	5,2E+01	1,7E-01
	2012	7,2E+00	2,2E+00	NA	1,8E+00	4,6E-01	5,2E+01	1,7E-01
	2013	7,2E+00	2,2E+00	NA	1,8E+00	4,6E-01	5,2E+01	1,6E-01
	2014	7,2E+00	2,2E+00	NA	1,8E+00	4,6E-01	5,2E+01	1,7E-01
	2015	7,2E+00	2,2E+00	NA	1,8E+00	4,6E-01	5,2E+01	1,7E-01
	2016	7,2E+00	2,2E+00	NA	1,8E+00	4,6E-01	5,2E+01	1,7E-01
	2017	7,2E+00	2,2E+00	NA	1,8E+00	4,6E-01	5,2E+01	1,7E-01
	2018	7,2E+00	2,2E+00	NA	1,8E+00	4,6E-01	5,2E+01	1,6E-01
	2019	7,2E+00	2,2E+00	NA	1,8E+00	4,6E-01	5,2E+01	1,7E-01
	2020	7,2E+00	2,2E+00	NA	1,9E+00	4,6E-01	5,3E+01	1,8E-01
	2021	7,2E+00	2,3E+00	NA	1,9E+00	4,6E-01	5,3E+01	1,9E-01
	2022	7,2E+00	2,3E+00	NA	1,9E+00	4,6E-01	5,3E+01	1,9E-01
	2023	7,2E+00	2,3E+00	NA	1,9E+00	4,6E-01	5,3E+01	1,9E-01
	2024	7,2E+00	2,3E+00	NA	1,9E+00	4,6E-01	5,3E+01	1,9E-01
3.B.4.f. Mulas y asnos	1990	7,2E+00	2,2E+00	NA	1,1E+00	4,6E-01	3,7E+01	5,8E-02
	1991	7,2E+00	2,2E+00	NA	1,1E+00	4,6E-01	3,7E+01	5,8E-02
	1992	7,2E+00	2,2E+00	NA	1,1E+00	4,6E-01	3,7E+01	5,8E-02
	1993	7,2E+00	2,2E+00	NA	1,1E+00	4,6E-01	3,7E+01	5,8E-02
	1994	7,2E+00	2,2E+00	NA	1,1E+00	4,6E-01	3,7E+01	5,8E-02
	1995	7,2E+00	2,2E+00	NA	1,1E+00	4,6E-01	3,7E+01	5,8E-02
	1996	7,2E+00	2,2E+00	NA	1,1E+00	4,6E-01	3,7E+01	5,8E-02
	1997	7,2E+00	2,2E+00	NA	1,1E+00	4,6E-01	3,7E+01	5,8E-02
	1998	7,2E+00	2,2E+00	NA	1,1E+00	4,6E-01	3,7E+01	5,8E-02
	1999	7,2E+00	2,2E+00	NA	1,1E+00	4,6E-01	3,7E+01	5,8E-02

Subcategoría	Año	Vsrate. IPCC, 2019, Tabla 10.13A	Promedio de tasa excreción diaria de -VS- (kg MS cabeza día^{-1})	Promedio de producción potencial de CH_4 (m^3 kg VS)	Factor de emisión implícito de CH_4 (kg CH_4 cabeza Año^{-1})	Tasa de excreción por defecto de nitrógeno -Ntasa- (kg N). IPCC 2019, Tabla 10.19	Tasa de excreción de N -Nex- (kg N cabeza año^{-1})	Factor de emisión implícito de N_2O (kg N_2O cabeza Año^{-1})
	2000	7,2E+00	2,2E+00	NA	1,1E+00	4,6E-01	3,7E+01	5,8E-02
	2001	7,2E+00	2,2E+00	NA	1,1E+00	4,6E-01	3,7E+01	5,8E-02
	2002	7,2E+00	2,2E+00	NA	1,1E+00	4,6E-01	3,7E+01	5,8E-02
	2003	7,2E+00	2,2E+00	NA	1,1E+00	4,6E-01	3,7E+01	5,8E-02
	2004	7,2E+00	2,2E+00	NA	1,1E+00	4,6E-01	3,7E+01	5,8E-02
	2005	7,2E+00	2,2E+00	NA	1,1E+00	4,6E-01	3,7E+01	5,8E-02
	2006	7,2E+00	2,2E+00	NA	1,1E+00	4,6E-01	3,7E+01	5,8E-02
	2007	7,2E+00	2,2E+00	NA	1,1E+00	4,6E-01	3,7E+01	5,8E-02
	2008	7,2E+00	2,2E+00	NA	1,1E+00	4,6E-01	3,7E+01	5,8E-02
	2009	7,2E+00	2,2E+00	NA	1,1E+00	4,6E-01	3,7E+01	5,8E-02
	2010	7,2E+00	2,2E+00	NA	1,1E+00	4,6E-01	3,7E+01	5,8E-02
	2011	7,2E+00	2,2E+00	NA	1,1E+00	4,6E-01	3,7E+01	5,8E-02
	2012	7,2E+00	2,2E+00	NA	1,1E+00	4,6E-01	3,7E+01	5,8E-02
	2013	7,2E+00	2,2E+00	NA	1,1E+00	4,6E-01	3,7E+01	5,8E-02
	2014	7,2E+00	2,2E+00	NA	1,1E+00	4,6E-01	3,7E+01	5,8E-02
	2015	7,2E+00	2,2E+00	NA	1,1E+00	4,6E-01	3,7E+01	5,8E-02
	2016	7,2E+00	2,2E+00	NA	1,1E+00	4,6E-01	3,7E+01	5,8E-02
	2017	7,2E+00	2,2E+00	NA	1,1E+00	4,6E-01	3,7E+01	5,8E-02
	2018	7,2E+00	2,2E+00	NA	1,1E+00	4,6E-01	3,7E+01	5,8E-02
	2019	7,2E+00	2,2E+00	NA	1,1E+00	4,6E-01	3,7E+01	5,8E-02
	2020	7,2E+00	2,2E+00	NA	1,1E+00	4,6E-01	3,7E+01	5,8E-02
	2021	7,2E+00	2,2E+00	NA	1,1E+00	4,6E-01	3,7E+01	5,8E-02
	2022	7,2E+00	2,2E+00	NA	1,1E+00	4,6E-01	3,7E+01	5,8E-02
	2023	7,2E+00	2,2E+00	NA	1,1E+00	4,6E-01	3,7E+01	5,8E-02
	2024	7,2E+00	2,2E+00	NA	1,1E+00	4,6E-01	3,7E+01	5,8E-02
3.B.4.h.v.1. Ponedoras	1990	9,3E+00	1,7E-02	NA	7,7E-02	1,0E+00	6,7E-01	1,1E-02
	1991	9,3E+00	1,7E-02	NA	7,7E-02	1,0E+00	6,7E-01	1,1E-02
	1992	9,3E+00	1,7E-02	NA	7,7E-02	1,0E+00	6,7E-01	1,1E-02
	1993	9,3E+00	1,7E-02	NA	7,7E-02	1,0E+00	6,7E-01	1,1E-02
	1994	9,3E+00	1,7E-02	NA	7,7E-02	1,0E+00	6,7E-01	1,1E-02
	1995	9,3E+00	1,7E-02	NA	7,7E-02	1,0E+00	6,7E-01	1,1E-02
	1996	9,3E+00	1,7E-02	NA	7,7E-02	1,0E+00	6,7E-01	1,1E-02
	1997	9,3E+00	1,7E-02	NA	7,7E-02	1,0E+00	6,7E-01	1,1E-02
	1998	9,3E+00	1,7E-02	NA	7,7E-02	1,0E+00	6,7E-01	1,1E-02
	1999	9,3E+00	1,7E-02	NA	7,7E-02	1,0E+00	6,7E-01	1,1E-02
	2000	9,3E+00	1,7E-02	NA	7,7E-02	1,0E+00	6,7E-01	1,1E-02

Subcategoría	Año	Vsrate. IPCC, 2019, Tabla 10.13A	Promedio de tasa excreción diaria de -VS- (kg MS cabeza día^{-1})	Promedio de producción potencial de CH_4 (m^3 kg VS)	Factor de emisión implícito de CH_4 (kg CH_4 cabeza Año^{-1})	Tasa de excreción por defecto de nitrógeno -Ntasa- (kg N). IPCC 2019, Tabla 10.19	Tasa de excreción de N -Nex- (kg N cabeza año^{-1})	Factor de emisión implícito de N_2O (kg N_2O cabeza Año^{-1})
	2001	9,3E+00	1,7E-02	NA	7,7E-02	1,0E+00	6,7E-01	1,1E-02
	2002	9,3E+00	1,7E-02	NA	7,7E-02	1,0E+00	6,7E-01	1,1E-02
	2003	9,3E+00	1,7E-02	NA	7,7E-02	1,0E+00	6,7E-01	1,1E-02
	2004	9,3E+00	1,7E-02	NA	7,7E-02	1,0E+00	6,7E-01	1,1E-02
	2005	9,3E+00	1,7E-02	NA	7,7E-02	1,0E+00	6,7E-01	1,1E-02
	2006	9,3E+00	1,7E-02	NA	7,7E-02	1,0E+00	6,7E-01	1,1E-02
	2007	9,3E+00	1,7E-02	NA	7,7E-02	1,0E+00	6,7E-01	1,1E-02
	2008	9,3E+00	1,7E-02	NA	7,7E-02	1,0E+00	6,7E-01	1,1E-02
	2009	9,3E+00	1,7E-02	NA	7,7E-02	1,0E+00	6,7E-01	1,1E-02
	2010	9,3E+00	1,7E-02	NA	7,7E-02	1,0E+00	6,7E-01	1,1E-02
	2011	9,3E+00	1,7E-02	NA	7,7E-02	1,0E+00	6,7E-01	1,1E-02
	2012	9,3E+00	1,7E-02	NA	7,7E-02	1,0E+00	6,7E-01	1,1E-02
	2013	9,3E+00	1,7E-02	NA	7,7E-02	1,0E+00	6,7E-01	1,1E-02
	2014	9,3E+00	1,7E-02	NA	7,7E-02	1,0E+00	6,7E-01	1,1E-02
	2015	9,3E+00	1,7E-02	NA	7,7E-02	1,0E+00	6,7E-01	1,1E-02
	2016	9,3E+00	1,7E-02	NA	7,7E-02	1,0E+00	6,7E-01	1,1E-02
	2017	9,3E+00	1,7E-02	NA	7,7E-02	1,0E+00	6,7E-01	1,1E-02
	2018	9,3E+00	1,7E-02	NA	7,7E-02	1,0E+00	6,7E-01	1,1E-02
	2019	9,3E+00	1,7E-02	NA	7,6E-02	1,0E+00	6,7E-01	1,1E-02
	2020	9,3E+00	1,7E-02	NA	7,6E-02	1,0E+00	6,7E-01	1,1E-02
	2021	9,3E+00	1,7E-02	NA	7,5E-02	1,0E+00	6,7E-01	1,1E-02
	2022	9,3E+00	1,7E-02	NA	7,5E-02	1,0E+00	6,7E-01	1,1E-02
	2023	9,3E+00	1,7E-02	NA	7,5E-02	1,0E+00	6,7E-01	1,1E-02
	2024	9,3E+00	1,7E-02	NA	7,5E-02	1,0E+00	6,7E-01	1,1E-02
3.B.4.h.v.2. Pollos de engorde	1990	1,6E+01	1,9E-02	NA	8,6E-02	1,2E+00	5,3E-01	8,3E-03
	1991	1,6E+01	1,9E-02	NA	8,6E-02	1,2E+00	5,3E-01	8,3E-03
	1992	1,6E+01	1,9E-02	NA	8,6E-02	1,2E+00	5,3E-01	8,3E-03
	1993	1,6E+01	1,9E-02	NA	8,6E-02	1,2E+00	5,3E-01	8,3E-03
	1994	1,6E+01	1,9E-02	NA	8,6E-02	1,2E+00	5,3E-01	8,3E-03
	1995	1,6E+01	1,9E-02	NA	8,6E-02	1,2E+00	5,3E-01	8,3E-03
	1996	1,6E+01	1,9E-02	NA	8,6E-02	1,2E+00	5,3E-01	8,3E-03
	1997	1,6E+01	1,9E-02	NA	8,6E-02	1,2E+00	5,3E-01	8,3E-03
	1998	1,6E+01	1,9E-02	NA	8,6E-02	1,2E+00	5,3E-01	8,3E-03
	1999	1,6E+01	1,9E-02	NA	8,6E-02	1,2E+00	5,3E-01	8,3E-03
	2000	1,6E+01	1,9E-02	NA	8,6E-02	1,2E+00	5,3E-01	8,3E-03
	2001	1,6E+01	1,9E-02	NA	8,6E-02	1,2E+00	5,3E-01	8,3E-03

Subcategoría	Año	Vsrate. IPCC, 2019, Tabla 10.13A	Promedio de tasa excreción diaria de -VS- (kg MS cabeza día^{-1})	Promedio de producción potencial de CH_4 (m^3 kg VS)	Factor de emisión implícito de CH_4 (kg CH_4 cabeza Año^{-1})	Tasa de excreción por defecto de nitrógeno -Ntasa- (kg N). IPCC 2019, Tabla 10.19	Tasa de excreción de N -Nex- (kg N cabeza año^{-1})	Factor de emisión implícito de N_2O (kg N_2O cabeza Año^{-1})
	2002	1,6E+01	1,9E-02	NA	8,6E-02	1,2E+00	5,3E-01	8,3E-03
	2003	1,6E+01	1,9E-02	NA	8,6E-02	1,2E+00	5,3E-01	8,3E-03
	2004	1,6E+01	1,9E-02	NA	8,6E-02	1,2E+00	5,3E-01	8,3E-03
	2005	1,6E+01	1,9E-02	NA	8,6E-02	1,2E+00	5,3E-01	8,3E-03
	2006	1,6E+01	1,9E-02	NA	8,6E-02	1,2E+00	5,3E-01	8,3E-03
	2007	1,6E+01	1,9E-02	NA	8,6E-02	1,2E+00	5,3E-01	8,3E-03
	2008	1,6E+01	1,9E-02	NA	8,6E-02	1,2E+00	5,3E-01	8,3E-03
	2009	1,6E+01	1,9E-02	NA	8,6E-02	1,2E+00	5,3E-01	8,3E-03
	2010	1,6E+01	1,9E-02	NA	8,6E-02	1,2E+00	5,3E-01	8,3E-03
	2011	1,6E+01	1,9E-02	NA	8,6E-02	1,2E+00	5,3E-01	8,3E-03
	2012	1,6E+01	1,9E-02	NA	8,6E-02	1,2E+00	5,3E-01	8,3E-03
	2013	1,6E+01	1,9E-02	NA	8,6E-02	1,2E+00	5,3E-01	8,3E-03
	2014	1,6E+01	1,9E-02	NA	8,6E-02	1,2E+00	5,3E-01	8,3E-03
	2015	1,6E+01	1,9E-02	NA	8,6E-02	1,2E+00	5,3E-01	8,3E-03
	2016	1,6E+01	1,9E-02	NA	8,6E-02	1,2E+00	5,3E-01	8,3E-03
	2017	1,6E+01	1,9E-02	NA	8,6E-02	1,2E+00	5,3E-01	8,3E-03
	2018	1,6E+01	1,9E-02	NA	8,6E-02	1,2E+00	5,3E-01	8,3E-03
	2019	1,6E+01	1,9E-02	NA	8,6E-02	1,2E+00	5,3E-01	8,3E-03
	2020	1,6E+01	1,9E-02	NA	8,6E-02	1,2E+00	5,3E-01	8,3E-03
	2021	1,6E+01	1,9E-02	NA	8,6E-02	1,2E+00	5,3E-01	8,3E-03
	2022	1,6E+01	1,9E-02	NA	8,6E-02	1,2E+00	5,3E-01	8,3E-03
	2023	1,6E+01	1,9E-02	NA	8,6E-02	1,2E+00	5,3E-01	8,3E-03
	2024	1,6E+01	1,9E-02	NA	8,6E-02	1,2E+00	5,3E-01	8,3E-03

Ecuaciones para determinar los factores de emisión de nivel 2 para emisiones por gestión de estiércol (3.B), modelo AFOLU 1 Colombia

- Factores de emisión de CH_4 de gestión de estiércol (Adaptado de IPCC, 2019; V4, Ch10, Ecuación 10.23)

$$EF_{(ge)} = (VS * 365) * [B_0 * 0{,}67 * \sum((MCF\% * SGE\%)/100)]$$

Dónde: $EF_{(ge)}$ = factor de emisión anual (kg CH_4 cabeza $^{-1}$ año $^{-1}$); VS = sólidos volátiles excretados por día (kg materia seca animal^{-1} día^{-1}); B_0 = capacidad máxima de producción de CH_4 del estiércol producido por el ganado (m^3 CH_4 kg^{-1} de VS excretados), Tabla 10.16 (IPCC, 2019); MCF% = Factor de conversión de CH_4 para cada sistema de manejo de estiércol (%), Tabla 10.17 (IPCC, 2019); SGE% = Porcentaje del estiércol manejado utilizando un determinado sistema de gestión de residuos animales (%).

- Tasa de excreción de solidos volátiles (Adaptado de IPCC, 2019; V4, Ch10, Ecuación 10.24)

$$VS = \left(GE_t * \left(1 - \left(\frac{Dig}{100}\right)\right) + (UE)\right) * \left(\frac{1 - \left(\frac{Ceniza}{100}\right)}{18{,}45}\right)$$

Dónde: VS = sólidos volátiles excretados por día (kg materia seca animal^{-1} día^{-1}); GE_t = consumo de energía bruta total para cada una de las categorías IPCC. (Mj día $^{-1}$); Dig = digestibilidad de la dieta (%); UE = energía urinaria (Mj día $^{-1}$); Ceniza = contenido de ceniza en la dieta (%).

- Ecuación Cattle UE Energía contenida en la orina (Ramin & Huhtanen, 2013)

$$UE = (-2{,}71 + 0{,}028 * (10 * CP) + 0{,}589 * CMS)$$

Dónde: UE = energía contenida en la orina (Mj día $^{-1}$); CP = proteína cruda de la dieta (%); CMS = consumo de materia seca para cada una de las categorías del IPCC (kg día $^{-1}$).

- Determinación del consumo de materia seca para bovinos mayores a un año (Adaptado de (Pickering & Wear, 2013), Ecuación 12)

$$CMS = \frac{GE_t}{GE_{pd}}$$

Dónde: CMS = consumo de materia seca en bovinos mayores de un año (kg día $^{-1}$); GE_t = consumo de energía bruta total para cada una de las categorías IPCC (Mj día $^{-1}$); GE_{pd} = contenido de energía bruta de la dieta (MJ kg $^{-1}$).

Anexo 5.3. Encuesta expertos para aplicación de Cal Dolomita (3.G.2.)

Tabla 10-22. Anexo 5.3: Tasa de aplicación de dolomita por hectárea cultivada

Región	Cultivo	Indicador toneladas de Dolomita por hectárea año, por década (t Dolomita ha-1 año^{-1})			
		1990-2000	2000-2010	2010-2020	2020-2024
ANDINA	Arroz riego	1,4	1,5	1,5	1,5
	Arroz secano mecanizado	0,2	0,4	0,5	0,5
	Café	1,4	1,5	1,6	1,6
	Caña de azúcar	0,0	0,0	0,0	0,0
	Maíz amarillo tecnificado	0,0	0,0	0,0	0,0
	Palma de aceite	0,0	0,0	0,0	0,0
	Papa criolla	1,1	1,0	1,3	1,3
	Cachaco	1,2	1,5	1,5	1,5
	Soya	0,0	0,0	0,0	0,0
	Caña miel	0,0	0,0	0,0	0,0
	Caña panelera	0,0	0,0	0,0	0,0
	Maíz amarillo tradicional	0,0	0,0	0,0	0,0
	Maíz blanco tecnificado	0,0	0,0	0,0	0,0
	Maíz blanco tradicional	0,0	0,0	0,0	0,0
	Maíz forrajero	0,0	0,0	0,0	0,0
	Maíz tecnificado	0,0	0,0	0,0	0,0
	Maíz tradicional	0,0	0,0	0,0	0,0

Región	Cultivo	Indicador toneladas de Dolomita por hectárea año, por década (t Dolomita ha-1 año^{-1})			
		1990-2000	2000-2010	2010-2020	2020-2024
	Papa todas las variedades	1,1	1,0	1,3	1,3
	Papa	1,1	1,0	1,3	1,3
	Plátano consumo interno	1,2	1,5	1,5	1,5
	Plátano exportación	1,2	1,5	1,5	1,5
	Plátano	1,2	1,5	1,5	1,5
ORINOQUIA	Arroz riego	0,5	0,7	1,4	1,4
	Arroz secano mecanizado	0,5	0,7	1,4	1,4
	Café	0,0	0,0	0,0	0,0
	Caña de azúcar	0,0	0,0	0,0	0,0
	Maíz amarillo tecnificado	1,0	0,9	0,9	0,9
	Palma de aceite	0,5	1,0	1,0	1,0
	Papa criolla	0,0	0,0	0,0	0,0
	Cachaco	0,0	0,0	0,0	0,0
	Soya	0,5	1,0	1,0	1,0
	Caña miel	0,0	0,0	0,0	0,0
	Caña panelera	0,0	0,0	0,0	0,0
	Maíz amarillo tradicional	1,0	0,9	0,9	0,9
	Maíz blanco tecnificado	1,0	0,9	0,9	0,9
	Maíz blanco tradicional	1,0	0,9	0,9	0,9
	Maíz forrajero	1,0	0,9	0,9	0,9
	Maíz tecnificado	1,0	0,9	0,9	0,9
	Maíz tradicional	1,0	0,9	0,9	0,9
	Papa todas las variedades	0,0	0,0	0,0	0,0
	Papa	0,0	0,0	0,0	0,0
	Plátano consumo interno	0,0	0,0	0,0	0,0
	Plátano exportación	0,0	0,0	0,0	0,0
	Plátano	0,0	0,0	0,0	0,0
PACIFICA	Arroz riego	0,0	0,0	0,0	0,0
	Arroz secano mecanizado	0,0	0,0	0,0	0,0
	Café	2,0	2,0	2,0	2,0
	Caña de azúcar	0,9	0,9	0,9	0,9
	Maíz amarillo tecnificado	0,0	0,0	0,0	0,0
	Palma de aceite	0,0	0,0	0,0	0,0
	Papa criolla	1,0	1,0	1,0	1,0
	Cachaco	0,1	0,1	0,1	0,1
	Soya	0,0	0,0	0,0	0,0
	Caña miel	0,9	0,9	0,9	0,9
	Caña panelera	0,9	0,9	0,9	0,9
	Maíz amarillo tradicional	0,0	0,0	0,0	0,0
	Maíz blanco tecnificado	0,0	0,0	0,0	0,0
	Maíz blanco tradicional	0,0	0,0	0,0	0,0
	Maíz forrajero	0,0	0,0	0,0	0,0
	Maíz tecnificado	0,0	0,0	0,0	0,0
	Maíz tradicional	0,0	0,0	0,0	0,0
	Papa todas las variedades	1,0	1,0	1,0	1,0
	Papa	1,0	1,0	1,0	1,0
	Plátano consumo interno	0,1	0,1	0,1	0,1
	Plátano exportación	0,1	0,1	0,1	0,1

Región	Cultivo	Indicador toneladas de Dolomita por hectárea año, por década (t Dolomita ha-1 año^{-1})			
		1990-2000	2000-2010	2010-2020	2020-2024
	Plátano	0,1	0,1	0,1	0,1
CARIBE	Arroz riego	0,0	0,0	0,0	0,0
	Arroz secano mecanizado	0,0	0,0	0,0	0,0
	Café	0,0	0,0	0,0	0,0
	Caña de azúcar	0,0	0,0	0,0	0,0
	Maíz amarillo tecnificado	0,0	0,0	0,0	0,0
	Palma de aceite	0,0	0,0	0,0	0,0
	Papa criolla	0,0	0,0	0,0	0,0
	Cachaco	0,0	0,0	0,0	0,0
	Soya	0,0	0,0	0,0	0,0
	Caña miel	0,0	0,0	0,0	0,0
	Caña panelera	0,0	0,0	0,0	0,0
	Maíz amarillo tradicional	0,0	0,0	0,0	0,0
	Maíz blanco tecnificado	0,0	0,0	0,0	0,0
	Maíz blanco tradicional	0,0	0,0	0,0	0,0
	Maíz forrajero	0,0	0,0	0,0	0,0
	Maíz tecnificado	0,0	0,0	0,0	0,0
	Maíz tradicional	0,0	0,0	0,0	0,0
	Papa todas las variedades	0,0	0,0	0,0	0,0
	Papa	0,0	0,0	0,0	0,0
	Plátano consumo interno	0,0	0,0	0,0	0,0
	Plátano exportación	0,0	0,0	0,0	0,0
	Plátano	0,0	0,0	0,0	0,0
AMAZONIA	Arroz riego	0,0	0,0	0,0	0,0
	Arroz secano mecanizado	0,0	0,0	0,0	0,0
	Café	0,0	0,0	0,0	0,0
	Caña de azúcar	0,0	0,0	0,0	0,0
	Maíz amarillo tecnificado	0,0	0,0	0,0	0,0
	Palma de aceite	0,0	0,0	0,0	0,0
	Papa criolla	0,0	0,0	0,0	0,0
	Cachaco	0,0	0,0	0,0	0,0
	Soya	0,0	0,0	0,0	0,0
	Caña miel	0,0	0,0	0,0	0,0
	Caña panelera	0,0	0,0	0,0	0,0
	Maíz amarillo tradicional	0,0	0,0	0,0	0,0
	Maíz blanco tecnificado	0,0	0,0	0,0	0,0
	Maíz blanco tradicional	0,0	0,0	0,0	0,0
	Maíz forrajero	0,0	0,0	0,0	0,0
	Maíz tecnificado	0,0	0,0	0,0	0,0
	Maíz tradicional	0,0	0,0	0,0	0,0
	Papa todas las variedades	0,0	0,0	0,0	0,0
	Papa	0,0	0,0	0,0	0,0
	Plátano consumo interno	0,0	0,0	0,0	0,0
	Plátano exportación	0,0	0,0	0,0	0,0
	Plátano	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabla 10-23. Anexo 5.3: Factor de validación de la dosis de dolomita por hectárea a partir de Encuesta Nacional Manufacturera (DANE)

Etiquetas de fila	Factor de validación	Etiquetas de fila	Factor de validación
1990	5,0E-02	2008	1,5E-01
1991	6,3E-02	2009	1,2E-01
1992	8,3E-02	2010	1,3E-01
1993	3,0E-02	2011	1,4E-01
1994	6,0E-02	2012	1,6E-01
1995	5,0E-02	2013	1,4E-01
1996	5,0E-02	2014	1,5E-01
1997	1,2E-01	2015	1,6E-01
1998	1,1E-01	2016	1,7E-01
1999	9,0E-02	2017	1,7E-01
2000	3,5E-02	2018	1,8E-01
2001	7,5E-02	2019	1,8E-01
2002	9,0E-02	2020	1,8E-01
2003	9,0E-02	2021	2,0E-01
2004	9,8E-02	2022	2,0E-01
2005	1,1E-01	2023	2,0E-01
2006	1,3E-01	2024	2,0E-01
2007	1,4E-01		

Anexo 5.4. Encuesta de expertos para aplicación de Urea (3.H)

Tabla 10-24. Anexo 5.4: Tasa de aplicación de urea por hectárea cultivada

		Indicador toneladas de Urea por hectárea año, por década (t Urea ha-1 año^{-1})				Fracción del área en la que aplica Urea
Región	Cultivo	1990-2000	2000-2010	2010-2020	2020-2024	
Amazonia	Aguacate	1	1	1	1	0,33
	Algodón	0	0	0	0	
	Arroz riego	1	1	1	1	
	Arroz secano	0,66	0,66	0,66	0,66	
	Arveja	0	0	0	0	
	Avena	0	0	0	0	
	Banano	1	1	1	1	
	Cacao	0,33	0,33	0,33	0,33	
	Café	0	0	0	0	
	Caña de azúcar	0	0	0	0	
	Caña panelera	1	1	1	1	
	Cebada	0	0	0	0	
	Cebolla de bulbo	0	0	0	0	
	Cebolla de rama	0	0	0	0	
	Cítricos	1	1	1	1	
	Frijol	0	0	0	0	
	Haba	0	0	0	0	
	Maíz	0,33	0,33	0,33	0,33	
	Palma de aceite	1	1	1	1	
	Papa	1	1	1	1	
	Pasturas	0,66	0,66	0,66	0,66	
	Piña	1	1	1	1	
	Plátano	0,66	0,66	0,66	0,66	
	Sorgo	0	0	0	0	
	Soya	0	0	0	0	
	Tomate	0	0	0	0	
	Trigo	0	0	0	0	
	Yuca	0,66	0,66	0,66	0,66	
	Zanahoria	0	0	0	0	
Andina	Aguacate	0,18	0,16	0,19	0,19	1
	Algodón	0,28	0,4	0,4	0,4	

		Indicador toneladas de Urea por hectárea año, por década (t Urea ha-1 año^{-1})				Fracción del área en la que aplica Urea
Región	Cultivo	1990-2000	2000-2010	2010-2020	2020-2024	
	Arroz riego	0,35	0,52	0,32	0,32	
	Arroz secano	0,1	0	0	0	
	Arveja	0,1	0,2	0,2	0,2	
	Avena	0,38	0,43	0,43	0,43	
	Banano	0,1	0,2	0,3	0,3	
	Cacao	0,18	0,23	0,25	0,25	
	Café	0,4	0,44	0,45	0,45	
	Caña de azúcar	0	0	0	0	
	Caña panelera	0,18	0,25	0,28	0,28	
	Cebada	0,55	0,55	0,55	0,55	
	Cebolla de bulbo	0,15	0,2	0,2	0,2	
	Cebolla de rama	0,15	0,2	0,2	0,2	
	Cítricos	0,18	0,28	0,31	0,31	
	Frijol	0,01	0,02	0,02	0,02	
	Haba	0,1	0,2	0,2	0,2	
	Maíz	0,27	0,36	0,38	0,38	
	Palma de aceite	0	0	0	0	
	Papa	0,25	0,3	0,33	0,33	
	Pasturas	0,54	0,39	0,66	0,66	
	Piña	0	0	0	0	
	Plátano	0,2	0,24	0,28	0,28	
	Sorgo	0,24	0,31	0,34	0,34	
	Soya	0,19	0,27	0,27	0,27	
	Tomate	0,06	0,11	0,11	0,11	
	Trigo	0	0	0	0	
	Yuca	0,18	0,25	0,33	0,33	
	Zanahoria	0,15	0,2	0,2	0,2	
Caribe	Aguacate	0	0	0	0	1
	Algodón	0	0	0	0	
	Arroz riego	0,22	0,27	0,31	0,31	
	Arroz secano	0,15	0,15	0,15	0,15	
	Arveja	0	0	0	0	
	Avena	0	0	0	0	
	Banano	0,23	0,21	0,33	0,33	
	Cacao	0,1	0,1	0,08	0,08	
	Café	0	0	0	0	
	Caña de azúcar	0	0	0	0	
	Caña panelera	0	0	0	0	
	Cebada	0	0	0	0	
	Cebolla de bulbo	0	0	0	0	
	Cebolla de rama	0	0	0	0	
	Cítricos	0,21	0,21	0,3	0,3	
	Frijol	0	0	0	0	
	Haba	0	0	0	0	
	Maíz	0,16	0,27	0,3	0,3	
	Palma de aceite	0,18	0,18	0,22	0,22	
	Papa	0	0	0	0	
	Pasturas	0,1	0,15	0,18	0,18	
	Piña	0	0	0	0	
	Plátano	0,12	0,13	0,12	0,12	
	Sorgo	0	0	0	0	
	Soya	0	0	0	0	
	Tomate	0	0	0	0	
	Trigo	0	0	0	0	
	Yuca	0,09	0,11	0,12	0,12	

		Indicador toneladas de Urea por hectárea año, por década (t Urea ha-1 año^{-1})				Fracción del área en la que aplica Urea
Región	Cultivo	1990-2000	2000-2010	2010-2020	2020-2024	
	Zanahoria	0	0	0	0	
Orinoquia	Aguacate	0	0	0	0	1
	Algodón	0	0	0	0	
	Arroz riego	0,21	0,23	0,23	0,23	
	Arroz secano	0,21	0,23	0,23	0,23	
	Arveja	0	0	0	0	
	Avena	0	0	0	0	
	Banano	0	0	0	0	
	Cacao	0,08	0,12	0,2	0,2	
	Café	0	0	0	0	
	Caña de azúcar	0	0	0	0	
	Caña panelera	0	0	0	0	
	Cebada	0	0	0	0	
	Cebolla de bulbo	0	0	0	0	
	Cebolla de rama	0	0	0	0	
	Cítricos	0	0	0	0	
	Frijol	0	0	0	0	
	Haba	0	0	0	0	
	Maíz	0,18	0,33	0,33	0,33	
	Palma de aceite	0	0	0	0	
	Papa	0	0	0	0	
	Pasturas	0	0,15	0,15	0,15	
	Piña	0	0	0	0	
	Plátano	0,22	0,22	0,22	0,22	
	Sorgo	0,17	0,22	0,22	0,22	
	Soya	0	0,04	0,04	0,04	
	Tomate	0	0	0	0	
	Trigo	0	0	0	0	
	Yuca	0	0	0	0	
	Zanahoria	0	0	0	0	
Pacífica	Aguacate	0	0	0	0	1
	Algodón	0	0	0	0	
	Arroz riego	0	0	0	0	
	Arroz secano	0	0	0	0	
	Arveja	0	0	0	0	
	Avena	0	0	0	0	
	Banano	0	0	0	0	
	Cacao	0	0	0	0	
	Café	0	0	0	0	
	Caña de azúcar	0,13	0,16	0,16	0,16	
	Caña panelera	0	0	0	0	
	Cebada	0	0	0	0	
	Cebolla de bulbo	0	0	0	0	
	Cebolla de rama	0	0	0	0	
	Cítricos	0	0	0	0	
	Frijol	0	0	0	0	
	Haba	0	0	0	0	
	Maíz	0	0	0	0	
	Palma de aceite	0	0	0	0	
	Papa	0	0	0	0	
	Pasturas	0	0	0	0	
	Piña	0	0	0	0	
	Plátano	0	0	0	0	
	Sorgo	0	0	0	0	
	Soya	0	0	0	0	

		Indicador toneladas de Urea por hectárea año, por década (t Urea ha-1 año^{-1})				Fracción del área en la que aplica Urea
Región	Cultivo	1990-2000	2000-2010	2010-2020	2020-2024	
	Tomate	0	0	0	0	
	Trigo	0	0	0	0	
	Yuca	0	0	0	0	
	Zanahoria	0	0	0	0	

Tabla 10-25. Anexo 5.4: Factor de validación de la dosis de urea por hectárea a partir de datos de consumo de urea (IFAStat y FAOStat)

Etiquetas de fila	Factor de validación	Etiquetas de fila	Factor de validación
1990	0,5	2008	0,1
1991	0,5	2009	0,2
1992	0,4	2010	0,2
1993	0,4	2011	0,2
1994	0,3	2012	0,2
1995	0,3	2013	0,2
1996	0,3	2014	0,2
1997	0,3	2015	0,3
1998	0,3	2016	0,2
1999	0,3	2017	0,2
2000	0,2	2018	0,2
2001	0,2	2019	0,2
2002	0,2	2020	0,2
2003	0,2	2021	0,3
2004	0,2	2022	0,2
2005	0,2	2023	0,2
2006	0,2	2024	0,3
2007	0,2		

Silvicultura, uso y cambio de uso de la tierra (LULUCF)

Anexo 6.1. Factores utilizados para estimar las emisiones CO_2 subcategoría 4.A.1.a. Tierras forestales que permanecen como tales (Consumo de leña).

Departamento	% Hogares que utilizan leña para cocinar *	Consumo de leña Kg/hogar/día*	Personas por hogar *	Consumo de leña kg. Hab. día	Consumo de Leña-% Humedad (19%) kgr. hab. dia	Consumo de Leña t leña hab año^{-1}	Consumo de Leña t C. hab. año^{-1}	FC **	Ajuste anual del % consumen***	Eficiencia consumo leña estufas eficientes ****
Nacional/ San Andrés*	57 %	8,7	3,2	2,7	2,2	0,8	0,4	0,5	1,8 %	25 %
Amazonas	86 %	17,8	3,3	5,3	4,3	1,6	0,7	0,5		
Antioquia	33 %	9,5	3,1	3,1	2,5	0,9	0,4	0,5		
Arauca	43 %	9,9	2,8	3,6	2,9	1,1	0,5	0,5		
Atlántico	36 %	7,7	3,9	2,0	1,6	0,6	0,3	0,5		
Bogotá, D.C.	44 %	4,7	2,8	1,7	1,3	0,5	0,2	0,5		
Bolívar	58 %	11,1	3,6	3,1	2,5	0,9	0,4	0,5		
Boyacá	63 %	8,3	2,8	3,0	2,4	0,9	0,4	0,5		
Caldas	55 %	10,1	2,9	3,5	2,8	1,0	0,5	0,5		
Caquetá	75 %	9,4	3,0	3,1	2,5	0,9	0,4	0,5		
Casanare	38 %	9,4	3,0	3,2	2,6	0,9	0,4	0,5		

Departamento	% Hogares que utilizan leña para cocinar *	Consumo de leña Kg/hogar/día*	Personas por hogar *	Consumo de leña kg. Hab. día	Consumo de Leña-% Humedad (19%) kgr. hab. dia	Consumo de Leña t leña hab año^{-1}	Consumo de Leña t C. hab. año^{-1}	FC **	Ajuste anual del % consumen***	Eficiencia consumo leña estufas eficientes ****
Cauca	68 %	6,9	3,1	2,3	1,8	0,7	0,3	0,5		
Cesar	51 %	12,2	3,5	3,5	2,9	1,0	0,5	0,5		
Córdoba	80 %	8,0	3,6	2,3	1,8	0,7	0,3	0,5		
Cundinamarca	42 %	6,8	3,0	2,3	1,8	0,7	0,3	0,5		
Chocó	66 %	10,1	3,2	3,2	2,6	0,9	0,4	0,5		
Guainía	70 %	10,9	3,5	3,1	2,5	0,9	0,4	0,5		
Guaviare	73 %	10,1	2,8	3,6	2,9	1,1	0,5	0,5		
Huila	69 %	8,7	3,2	2,7	2,2	0,8	0,4	0,5		
La Guajira	81 %	9,7	3,3	2,9	2,4	0,9	0,4	0,5		
Magdalena	53 %	11,3	3,5	3,2	2,6	1,0	0,5	0,5		
Meta	39 %	9,0	3,0	3,0	2,4	0,9	0,4	0,5		
Nariño	68 %	5,6	3,0	1,9	1,5	0,6	0,3	0,5		
Norte de Santander	72 %	9,6	3,3	2,9	2,4	0,9	0,4	0,5		
Putumayo	57 %	10,1	2,8	3,6	2,9	1,1	0,5	0,5		
Quindío	32 %	10,3	2,8	3,7	3,0	1,1	0,5	0,5		
Risaralda	39 %	9,0	2,9	3,2	2,6	0,9	0,4	0,5		
Santander	61 %	10,8	3,1	3,6	2,9	1,1	0,5	0,5		
Sucre	78 %	11,2	3,5	3,2	2,6	1,0	0,5	0,5		
Tolima	66 %	7,2	2,8	2,6	2,1	0,8	0,4	0,5		
Valle del Cauca	23 %	6,6	3,1	2,1	1,7	0,6	0,3	0,5		
Vaupés	90 %	5,2	4,2	1,3	1,0	0,4	0,2	0,5		
Vichada	86 %	7,7	3,6	2,1	1,7	0,6	0,3	0,5		

Anexo 6.2. Factores utilizados para estimar las emisiones CO_2 subcategoría 4.A.1.d. Tierras forestales que permanecen como tierras forestales (Plantaciones forestales).

Región	Especie	Tipo	Crecimiento	IMA (Incremento medio anual) ton/ha/año	Bfuste (Biomasa del fuste) ton materia seca	Baérea (Biomasa aérea) ton materia seca	Braíz (Biomasa de raiz) ton materia seca	Bcopa (Biomasa de copa) ton materia seca	Btotal (Biomasa total) ton materia seca	Factor de captura de carbono (BF) ton C/ha/año	Factor de captura de carbono (BA) ton C/ha/año	Factor de captura de carbono (BT) ton C/ha/año
Andina	Cupressus lusitanica	Conífera	Medio	13,2	5,4	8,0	1,2	2,7	9,2	2,9	4,4	5,0
Andina	Pinus patula	Conífera	Medio	14,1	6,1	8,8	2,0	2,7	10,8	3,2	4,67	5,71
Andina	Pinus maximinoi	Conífera	Rápido	23,3	9,5	14,8	2,9	5,3	17,7	4,7	7,3	8,7
Andina	Pinus oocarpa	Conífera	Rápido	10,1	4,9	7,6	1,5	2,7	9,1	2,4	3,7	4,5
Andina	Pinus tecunumanii	Conífera	Rápido	30,1	11,8	22,9	2,1	11,1	25,0	5,7	11,1	12,1
Andina	Acacia mangium	Latifoliada	Medio	15,4	7,5	12,6	3,3	5,1	15,9	4,1	6,8	8,6
Andina	Alnus acuminata	Latifoliada	Medio	14,4	5,7	8,9	1,8	3,1	10,7	2,3	3,6	4,4
Andina	Cedrela odorata	Latifoliada	Medio	12,4	5,2	7,6	1,7	2,4	9,3	2,4	3,5	4,3
Andina	Cordia alliodora	Latifoliada	Medio	8,3	3,5	4,4	1,7	0,9	6,1	1,3	1,7	2,3
Andina	Hevea brasiliensis	Latifoliada	Medio	7,8	3,8	5,1	1,2	1,3	6,3	1,7	2,3	2,8
Andina	Tabebuia rosea	Latifoliada	Medio	6,0	3,4	5,6	1,5	2,2	7,0	1,3	2,1	2,7
Andina	Tectona grandis	Latifoliada	Medio	12,3	6,2	8,0	2,0	1,8	10,1	3,0	3,9	4,9
Andina	Eucalyptus grandis	Latifoliada	Rápido	29,6	13,9	20,0	3,2	6,1	23,2	6,6	9,5	11,0
Andina	Eucalyptus urograndis	Latifoliada	Rápido	31,3	14,4	20,7	3,4	6,3	24,1	6,8	9,8	11,4
Andina	Eucalyptus urophylla	Latifoliada	Rápido	31,2	14,3	20,6	3,4	6,3	24,0	6,8	9,8	11,4
Andina	Gmelina arborea	Latifoliada	Rápido	17,0	7,5	8,7	2,2	1,2	10,9	3,1	3,6	4,5
Caribe	Bombacopsis quinata	Latifoliada	Lento	9,0	3,1	4,7	1,5	1,7	6,3	1,2	1,8	2,4
Caribe	Acacia mangium	Latifoliada	Medio	9,0	4,5	7,4	1,9	3,0	9,3	2,4	3,9	4,9
Caribe	Tabebuia rosea	Latifoliada	Medio	15,9	8,8	14,5	3,6	5,7	18,1	3,3	5,5	6,9
Caribe	Tectona grandis	Latifoliada	Medio	19,7	10,5	13,5	3,4	3,0	16,9	5,1	6,5	8,2
Caribe	Eucalyptus camaldulensis	Latifoliada	Rápido	18,0	9,9	18,5	5,1	8,6	23,7	4,5	8,4	10,7
Caribe	Eucalyptus tereticornis	Latifoliada	Rápido	19,2	15,2	28,5	7,9	13,3	36,4	6,9	12,9	16,4
Caribe	Eucalyptus urograndis	Latifoliada	Rápido	31,3	24,9	46,5	12,9	21,7	59,5	11,2	21,0	26,8

Región	Especie	Tipo	Crecimiento	IMA (Incremento medio anual) ton/ha/año	Bfuste (Biomasa del fuste) ton materia seca	Baérea (Biomasa aérea) ton materia seca	Braíz (Biomasa de raiz) ton materia seca	Bcopa (Biomasa de copa) ton materia seca	Btotal (Biomasa total) ton materia seca	Factor de captura de carbono (BF) ton C/ha/año	Factor de captura de carbono (BA) ton C/ha/año	Factor de captura de carbono (BT) ton C/ha/año
Caribe	Eucalyptus urophylla	Latifoliada	Rápido	28,3	22,5	42,0	11,7	19,5	53,7	10,1	19,0	24,2
Caribe	Gmelina arborea	Latifoliada	Rápido	20,1	9,5	12,7	3,2	3,3	15,9	3,9	5,2	6,6
Orinoquia	Pinus caribaea	Conífera	Medio	12,3	5,2	7,4	1,9	2,2	9,3	2,4	3,4	4,3
Orinoquia	Acacia mangium	Latifoliada	Medio	4,8	2,6	3,9	0,6	1,2	4,5	1,3	2,0	2,3
Orinoquia	Eucalyptus pellita	Latifoliada	Medio	8,6	6,1	8,0	2,3	1,9	10,3	2,4	3,1	4,0
Orinoquia	Hevea brasiliensis	Latifoliada	Medio	7,8	3,8	5,1	1,2	1,3	6,3	1,7	2,3	2,8
Orinoquia	Eucalyptus tereticornis	Latifoliada	Rápido	16,1	12,8	16,8	4,8	4,0	21,5	5,0	6,6	8,4
Orinoquia	Eucalyptus urograndis	Latifoliada	Rápido	27,5	19,4	25,5	7,2	6,1	32,7	7,6	10,0	12,8
Orinoquia	Eucalyptus urophylla	Latifoliada	Rápido	28,3	20,0	26,2	7,4	6,2	33,6	7,8	10,2	13,1
Amazonia	Albizia guachepele	Latifoliada	Lento	4,4	2,5	3,6	1,1	1,1	4,7	1,0	1,4	1,8
Amazonia	Anadenanthera peregrina	Latifoliada	Lento	6,6	5,7	8,2	2,6	2,5	10,8	2,2	3,2	4,2
Amazonia	Bombacopsis quinata	Latifoliada	Lento	9,0	4,0	6,2	2,1	2,1	8,2	1,5	2,4	3,2
Amazonia	Cariniana pyriformis	Latifoliada	Lento	4,2	2,3	3,3	1,0	1,0	4,3	1,0	1,5	1,9
Amazonia	Cassia grandis	Latifoliada	Lento	4,4	3,0	4,4	1,4	1,3	5,7	1,2	1,7	2,2
Amazonia	Enterolobium cyclocarpum	Latifoliada	Lento	4,0	1,8	2,5	0,4	0,8	3,0	0,7	1,0	1,2
Amazonia	Genipa americana	Latifoliada	Lento	4,4	2,9	4,1	1,3	1,2	5,4	1,1	1,6	2,1
Amazonia	Hura crepitans	Latifoliada	Lento	4,4	1,7	2,4	0,8	0,7	3,1	0,7	1,0	1,3
Amazonia	Hymenaea courbaril	Latifoliada	Lento	4,4	3,4	4,9	1,5	1,5	6,4	1,6	2,3	3,0
Amazonia	Hymenaea oblongifolia	Latifoliada	Lento	4,4	3,0	4,3	1,4	1,3	5,7	1,4	2,0	2,7
Amazonia	Samanea saman	Latifoliada	Lento	4,4	2,3	3,2	1,0	1,0	4,3	1,1	1,6	2,1
Amazonia	Simarouba amara	Latifoliada	Lento	4,4	1,9	2,8	0,9	0,8	3,6	0,7	1,1	1,4
Amazonia	Swietenia macrophylla	Latifoliada	Lento	0,7	0,3	0,5	0,2	0,1	0,6	0,1	0,2	0,2
Amazonia	Acacia mangium	Latifoliada	Medio	15,9	8,1	13,4	3,4	5,3	16,8	4,2	7,0	8,8
Amazonia	Cedrela odorata	Latifoliada	Medio	13,6	6,8	14,0	3,8	7,2	17,8	3,1	6,5	8,2
Amazonia	Cordia alliodora	Latifoliada	Medio	9,4	4,8	6,0	2,2	1,2	8,2	1,8	2,3	3,1

Región	Especie	Tipo	Crecimiento	IMA (Incremento medio anual) ton/ha/año	Bfuste (Biomasa del fuste) ton materia seca	Baérea (Biomasa aérea) ton materia seca	Braíz (Biomasa de raiz) ton materia seca	Bcopa (Biomasa de copa) ton materia seca	Btotal (Biomasa total) ton materia seca	Factor de captura de carbono (BF) ton C/ha/año	Factor de captura de carbono (BA) ton C/ha/año	Factor de captura de carbono (BT) ton C/ha/año
Amazonia	Eucalyptus robusta	Latifoliada	Medio	11,2	5,7	8,0	1,7	2,3	9,8	2,5	3,5	4,3
Amazonia	Hevea brasiliensis	Latifoliada	Medio	7,8	3,8	8,0	2,2	4,1	10,1	1,6	3,4	4,3
Amazonia	Tabebuia rosea	Latifoliada	Medio	4,0	2,1	3,5	0,9	1,4	4,5	0,8	1,3	1,7
Amazonia	Ceiba pentandra	Latifoliada	Rápido	15,8	4,8	6,4	1,3	1,6	7,8	2,3	3,0	3,6
Amazonia	Eucalyptus grandis	Latifoliada	Rápido	13,1	6,1	8,8	1,4	2,7	10,3	2,9	4,2	4,9
Amazonia	Eucalyptus saligna	Latifoliada	Rápido	10,3	4,1	5,8	1,3	1,7	7,1	1,8	2,5	3,1
Amazonia	Eucalyptus tereticornis	Latifoliada	Rápido	13,0	10,3	14,5	3,1	4,2	17,7	4,5	6,4	7,7
Amazonia	Gmelina arborea	Latifoliada	Rápido	13,9	7,4	9,9	2,5	2,5	12,4	3,1	4,1	5,1
Amazonia	Jacaranda copaia	Latifoliada	Rápido	32,2	11,1	14,8	3,1	3,7	17,9	5,4	7,2	8,7
Amazonia	Ochroma pyramidale	Latifoliada	Rápido	15,8	3,4	4,5	0,9	1,1	5,5	1,5	2,0	2,4
Andina	Pinus caribaea	Conífera	Medio	24,2	10,3	14,6	3,6	4,3	18,2	4,7	6,7	8,4
Andina	Pinus sp	Conífera	Rápido	20,0	8,7	13,6	2,7	4,9	16,3	4,3	6,7	8,0
Andina	Albizia guachepele	Latifoliada	Lento	5,6	3,7	6,9	2,1	3,1	8,9	1,5	2,7	3,5
Andina	Bombacopsis quinata	Latifoliada	Lento	9,0	3,2	4,9	2,5	1,7	7,4	1,6	2,5	3,8
Andina	Calophyllum brasiliense	Latifoliada	Lento	2,7	1,8	3,3	1,0	1,5	4,3	0,7	1,3	1,7
Andina	Cariniana pyriformis	Latifoliada	Lento	5,6	3,2	5,9	1,8	2,7	7,7	1,4	2,6	3,4
Andina	Enterolobium cyclocarpum	Latifoliada	Lento	4,0	1,5	2,9	0,5	1,3	3,3	0,6	1,1	1,3
Andina	Genipa americana	Latifoliada	Lento	5,6	3,5	6,5	2,0	3,0	8,5	1,4	2,6	3,4
Andina	Hura crepitans	Latifoliada	Lento	5,6	2,3	4,2	1,3	1,9	5,4	1,0	1,8	2,3
Andina	Hymenaea courbaril	Latifoliada	Lento	5,6	5,3	7,6	2,3	2,3	10,0	2,5	3,6	4,7
Andina	Hymenaea sp	Latifoliada	Lento	5,6	4,2	6,0	1,8	1,8	7,8	2,0	2,8	3,7
Andina	Quercus humboldtii	Latifoliada	Lento	0,9	0,5	1,0	0,3	0,5	1,3	0,2	0,4	0,4
Andina	Retrophyllum rospigliosii	Latifoliada	Lento	11,6	4,2	7,8	2,4	3,6	10,2	1,7	3,1	4,0
Andina	Samanea saman	Latifoliada	Lento	5,6	2,8	5,2	1,6	2,4	6,7	1,3	2,5	3,2
Andina	Simarouba amara	Latifoliada	Lento	5,6	2,1	3,8	1,2	1,8	5,0	0,8	1,5	2,0

Región	Especie	Tipo	Crecimiento	IMA (Incremento medio anual) ton/ha/año	Bfuste (Biomasa del fuste) ton materia seca	Baérea (Biomasa aérea) ton materia seca	Braíz (Biomasa de raiz) ton materia seca	Bcopa (Biomasa de copa) ton materia seca	Btotal (Biomasa total) ton materia seca	Factor de captura de carbono (BF) ton C/ha/año	Factor de captura de carbono (BA) ton C/ha/año	Factor de captura de carbono (BT) ton C/ha/año
Andina	Swietenia macrophylla	Latifoliada	Lento	0,7	0,3	0,6	0,2	0,3	0,8	0,1	0,2	0,3
Andina	Eucalyptus citriodora	Latifoliada	Medio	10,7	4,9	7,1	1,2	2,2	8,2	2,3	3,4	3,9
Andina	Eucalyptus globulus	Latifoliada	Medio	12,9	7,3	17,7	2,8	10,4	20,5	3,2	7,8	9,0
Andina	Eucalyptus pellita	Latifoliada	Medio	25,4	17,9	23,5	6,7	5,6	30,2	7,0	9,2	11,8
Andina	Schizolobium parahyba	Latifoliada	Medio	12,1	4,0	5,7	1,3	1,8	7,1	1,8	2,6	3,2
Andina	Ceiba pentandra	Latifoliada	Rápido	23,2	5,5	7,8	1,3	2,3	9,1	2,5	3,6	4,2
Andina	Eucalyptus camaldulensis	Latifoliada	Rápido	14,1	7,8	14,5	4,0	6,7	18,5	3,5	6,5	8,4
Andina	Eucalyptus saligna	Latifoliada	Rápido	24,3	9,7	14,0	2,3	4,3	16,3	4,6	6,6	7,7
Andina	Eucalyptus sp	Latifoliada	Rápido	25,0	11,5	16,6	2,7	5,1	19,3	5,5	7,9	9,1
Andina	Eucalyptus spp	Latifoliada	Rápido	25,0	11,5	16,6	2,7	5,1	19,3	5,5	7,9	9,1
Andina	Eucalyptus tereticornis	Latifoliada	Rápido	8,6	6,8	9,8	1,6	3,0	11,4	3,2	4,7	5,4
Andina	Jacaranda copaia	Latifoliada	Rápido	4,6	1,9	2,6	0,4	0,8	3,1	0,9	1,3	1,5
Andina	Ochroma pyramidale	Latifoliada	Rápido	23,2	3,8	5,4	0,9	1,6	6,3	1,7	2,4	2,8
Caribe	Albizia guachepele	Latifoliada	Lento	9,0	5,2	7,9	2,6	2,8	10,5	2,0	3,0	4,0
Caribe	Caesalpinia ebano	Latifoliada	Lento	9,0	8,6	13,2	4,3	4,6	17,5	3,3	5,1	6,7
Caribe	Cariniana pyriformis	Latifoliada	Lento	5,6	3,1	4,8	1,5	1,7	6,3	1,4	2,1	2,8
Caribe	Enterolobium cyclocarpum	Latifoliada	Lento	4,0	1,9	2,8	0,5	1,0	3,3	0,7	1,1	1,3
Caribe	Genipa americana	Latifoliada	Lento	9,0	5,4	8,3	2,7	2,9	11,0	2,1	3,2	4,2
Caribe	Hura crepitans	Latifoliada	Lento	9,0	2,9	4,4	1,4	1,5	5,8	1,2	1,9	2,5
Caribe	Hymenaea courbaril	Latifoliada	Lento	9,0	7,5	10,7	3,4	3,2	14,1	3,5	5,0	6,6
Caribe	Samanea saman	Latifoliada	Lento	9,0	5,8	8,9	2,9	3,1	11,7	2,8	4,3	5,7
Caribe	Tabebuia chrysantha	Latifoliada	Lento	15,9	14,3	23,7	5,9	9,4	29,7	5,5	9,1	11,3
Caribe	Cedrela odorata	Latifoliada	Medio	12,1	7,8	10,8	2,7	3,0	13,5	3,6	5,0	6,2
Caribe	Cordia sp	Latifoliada	Medio	9,3	4,0	5,1	1,8	1,0	6,9	1,8	2,2	3,0

Región	Especie	Tipo	Crecimiento	IMA (Incremento medio anual) ton/ha/año	Bfuste (Biomasa del fuste) ton materia seca	Baérea (Biomasa aérea) ton materia seca	Braíz (Biomasa de raiz) ton materia seca	Bcopa (Biomasa de copa) ton materia seca	Btotal (Biomasa total) ton materia seca	Factor de captura de carbono (BF) ton C/ha/año	Factor de captura de carbono (BA) ton C/ha/año	Factor de captura de carbono (BT) ton C/ha/año
Caribe	Eucalyptus pellita	Latifoliada	Medio	9,7	6,9	9,0	2,6	2,1	11,6	2,7	3,5	4,5
Caribe	Hevea brasiliensis	Latifoliada	Medio	7,8	3,8	7,2	1,8	3,4	9,0	1,6	3,1	3,9
Caribe	Schizolobium parahyba	Latifoliada	Medio	12,1	5,0	7,0	1,8	2,0	8,8	2,3	3,2	4,0
Caribe	Ceiba pentandra	Latifoliada	Rápido	25,5	6,4	8,7	2,2	2,3	10,9	3,0	4,1	5,1
Caribe	Eucalyptus grandis	Latifoliada	Rápido	30,8	14,5	20,8	3,4	6,3	24,2	6,9	9,9	11,5
Caribe	Jacaranda copaia	Latifoliada	Rápido	21,8	7,9	10,7	2,7	2,8	13,4	3,8	5,2	6,5
Caribe	Ochroma pyramidale	Latifoliada	Rápido	25,5	4,6	6,2	1,6	1,7	7,8	2,0	2,8	3,5
Orinoquia	Pinus oocarpa	Conífera	Rápido	19,7	9,6	13,5	3,4	4,0	16,9	4,4	6,2	7,8
Orinoquia	Acosmiun nitens	Latifoliada	Lento	5,9	4,9	7,5	2,4	2,6	9,9	2,6	4,0	5,2
Orinoquia	Caraipa llanorum	Latifoliada	Lento	5,9	3,6	5,5	1,8	1,9	7,3	1,9	2,9	3,9
Orinoquia	Copaifera pubiflora	Latifoliada	Lento	5,9	4,1	6,3	2,0	2,2	8,2	2,2	3,3	4,4
Orinoquia	Jacaranda copaia	Latifoliada	Rápido	21,8	11,8	16,4	3,4	4,6	19,8	5,7	8,0	9,6
Pacífica	Cupressus lusitanica	Conífera	Medio	13,2	4,7	7,1	1,0	2,3	8,1	2,6	3,9	4,4
Pacífica	Pinus patula	Conífera	Medio	14,1	6,1	13,0	2,9	6,9	15,9	3,2	6,9	8,4
Pacífica	Pinus oocarpa	Conífera	Rápido	22,8	11,1	23,7	5,1	12,6	28,8	5,2	11,2	13,5
Pacífica	Astronium graveolens	Latifoliada	Lento	5,2	3,8	5,9	1,9	2,1	7,8	1,5	2,3	3,0
Pacífica	Calophyllum mariae	Latifoliada	Lento	2,7	1,3	2,0	0,6	0,7	2,7	0,5	0,8	1,0
Pacífica	Cariniana pyriformis	Latifoliada	Lento	5,7	3,2	5,0	1,6	1,8	6,5	1,4	2,2	2,9
Pacífica	Humiriastrum procerum	Latifoliada	Lento	5,2	3,3	5,2	1,7	1,9	6,9	1,3	2,0	2,7
Pacífica	Hymenaea courbaril	Latifoliada	Lento	5,2	3,8	5,4	1,7	1,6	7,2	1,8	2,6	3,4
Pacífica	Hymenaea oblongifolia	Latifoliada	Lento	5,2	3,3	4,7	1,5	1,4	6,3	1,6	2,2	2,9
Pacífica	Swietenia macrophylla	Latifoliada	Lento	0,7	0,3	0,5	0,2	0,2	0,7	0,1	0,2	0,3
Pacífica	Alnus acuminata	Latifoliada	Medio	18,0	7,0	17,7	7,0	10,7	24,7	2,9	7,2	10,1

Región	Especie	Tipo	Crecimiento	IMA (Incremento medio anual) ton/ha/año	Bfuste (Biomasa del fuste) ton materia seca	Baérea (Biomasa aérea) ton materia seca	Braíz (Biomasa de raiz) ton materia seca	Bcopa (Biomasa de copa) ton materia seca	Btotal (Biomasa total) ton materia seca	Factor de captura de carbono (BF) ton C/ha/año	Factor de captura de carbono (BA) ton C/ha/año	Factor de captura de carbono (BT) ton C/ha/año
Pacífica	Cedrela odorata	Latifoliada	Medio	6,8	3,9	9,2	3,3	5,3	12,5	1,8	4,2	5,8
Pacífica	Cordia alliodora	Latifoliada	Medio	22,0	9,6	15,0	5,2	5,4	20,2	3,6	5,7	7,6
Pacífica	Eucalyptus globulus	Latifoliada	Medio	12,9	7,3	17,7	2,8	10,4	20,5	3,2	7,8	9,0
Pacífica	Tabebuia rosea	Latifoliada	Medio	20,0	11,2	18,5	8,1	7,3	26,5	4,3	7,0	10,1
Pacífica	Eucalyptus camaldulensis	Latifoliada	Rápido	14,4	7,9	14,8	4,1	6,9	18,9	3,6	6,7	8,5
Pacífica	Eucalyptus grandis	Latifoliada	Rápido	34,6	16,4	23,6	3,8	7,2	27,5	7,8	11,2	13,0
Pacífica	Eucalyptus urophylla	Latifoliada	Rápido	19,6	10,0	24,4	3,8	14,4	28,2	4,4	10,8	12,4
Pacífica	Gmelina arborea	Latifoliada	Rápido	35,1	16,0	21,4	5,4	5,4	26,8	6,6	8,8	11,0
Pacífica	Jacaranda copaia	Latifoliada	Rápido	33,7	12,2	17,0	3,5	4,8	20,5	5,9	8,2	9,9
Pacífica	Ochroma pyramidale	Latifoliada	Rápido	34,3	7,2	10,0	2,1	2,8	12,1	3,2	4,5	5,4
		Latifoliada	Lento	5,92	1,5	3,0	4,8	1,7	6,3	1,2	1,9	2,4
		Latifoliada	Medio	13,08	2,3	6,3	9,2	2,9	11,6	2,5	3,7	4,6
		Latifoliada	Rápido	24,37	2,9	10,1	14,1	4,0	17,0	4,5	6,3	7,6

Anexo 6.3. Fracción por tipo de exposición solar y departamento utilizados para estimar las emisiones de CO_2 para la subcategoría 4.B.a.1. Cultivo de café.

Departamento	Tipo de exposición solar	Fracción	Departamento	Tipo de exposición solar	Fracción
Antioquia	Cultivo bajo sombra-semisombra	0,3	Meta	Cultivo bajo sombra-semisombra	0,3
Antioquia	Cultivo a libre exposición	0,7	Meta	Cultivo a libre exposición	0,7
Bolívar	Cultivo bajo sombra-semisombra	0,5	Nariño	Cultivo bajo sombra-semisombra	0,5
Bolívar	Cultivo a libre exposición	0,5	Nariño	Cultivo a libre exposición	0,5
Boyacá	Cultivo bajo sombra-semisombra	0,9	Norte de Santander	Cultivo bajo sombra-semisombra	0,8
Boyacá	Cultivo a libre exposición	0,1	Norte de Santander	Cultivo a libre exposición	0,2
Caldas	Cultivo bajo sombra-semisombra	0,1	Quindío	Cultivo bajo sombra-semisombra	0,4
Caldas	Cultivo a libre exposición	0,9	Quindío	Cultivo a libre exposición	0,6
Caquetá	Cultivo bajo sombra-semisombra	0,9	Risaralda	Cultivo bajo sombra-semisombra	0,1
Caquetá	Cultivo a libre exposición	0,1	Risaralda	Cultivo a libre exposición	0,9
Cauca	Cultivo bajo sombra-semisombra	0,6	Santander	Cultivo bajo sombra-semisombra	0,9
Cauca	Cultivo a libre exposición	0,4	Santander	Cultivo a libre exposición	0,1
Cesar	Cultivo bajo sombra-semisombra	0,9	Tolima	Cultivo bajo sombra-semisombra	0,8
Cesar	Cultivo a libre exposición	0,1	Tolima	Cultivo a libre exposición	0,2
Cundinamarca	Cultivo bajo sombra-semisombra	0,6	Valle del cauca	Cultivo bajo sombra-semisombra	0,5
Cundinamarca	Cultivo a libre exposición	0,4	Valle del cauca	Cultivo a libre exposición	0,5
Chocó	Cultivo bajo sombra-semisombra	0,0	Arauca	Cultivo bajo sombra-semisombra	1,0
Chocó	Cultivo a libre exposición	1,0	Arauca	Cultivo a libre exposición	0,0
Huila	Cultivo bajo sombra-semisombra	0,1	Casanare	Cultivo bajo sombra-semisombra	1,0
Huila	Cultivo a libre exposición	0,9	Casanare	Cultivo a libre exposición	0,0
La guajira	Cultivo bajo sombra-semisombra	1,0	Putumayo	Cultivo bajo sombra-semisombra	0,9
La guajira	Cultivo a libre exposición	0,0	Putumayo	Cultivo a libre exposición	0,1
Magdalena	Cultivo bajo sombra-semisombra	1,0	Guaviare	Cultivo bajo sombra-semisombra	0,9
Magdalena	Cultivo a libre exposición	0,0	Guaviare	Cultivo a libre exposición	0,1

Anexo 6.4. Factores utilizados para estimar las emisiones de CH_4 para la subcategoría 4(II).D.1.b. Tierras inundadas que permanecen como tales.

Departamento	Año de operación	Tipo de emisión	Embalse	Tipo de Cobertura	Clima	Días sin hielo	kg CH_4 ha^{-1} dia^{-1}
Antioquia	1988	Difusión	Playas (San Carlos)	Humedal - Tierras inundadas	Tropical muy húmedo	365	0,63
Antioquia	1989	Difusión	Playas (San Carlos)	Humedal - Tierras inundadas	Tropical muy húmedo	365	0,63
Antioquia	1990	Difusión	Playas (San Carlos)	Humedal - Tierras inundadas	Tropical muy húmedo	365	0,63
Antioquia	1991	Difusión	Playas (San Carlos)	Humedal - Tierras inundadas	Tropical muy húmedo	365	0,63
Antioquia	1992	Difusión	Playas (San Carlos)	Humedal - Tierras inundadas	Tropical muy húmedo	365	0,63
Antioquia	1993	Difusión	Playas (San Carlos)	Humedal - Tierras inundadas	Tropical muy húmedo	365	0,63
Antioquia	1994	Difusión	Playas (San Carlos)	Humedal - Tierras inundadas	Tropical muy húmedo	365	0,63
Antioquia	1995	Difusión	Playas (San Carlos)	Humedal - Tierras inundadas	Tropical muy húmedo	365	0,63
Antioquia	1996	Difusión	Playas (San Carlos)	Humedal - Tierras inundadas	Tropical muy húmedo	365	0,63
Antioquia	1997	Difusión	Playas (San Carlos)	Humedal - Tierras inundadas	Tropical muy húmedo	365	0,63
Huila	1987	Difusión	Betania (Yaguará)	Humedal - Tierras inundadas	Tropical seco	365	0,295
Huila	1988	Difusión	Betania (Yaguará)	Humedal - Tierras inundadas	Tropical seco	365	0,295
Huila	1989	Difusión	Betania (Yaguará)	Humedal - Tierras inundadas	Tropical seco	365	0,295
Huila	1990	Difusión	Betania (Yaguará)	Humedal - Tierras inundadas	Tropical seco	365	0,295
Huila	1991	Difusión	Betania (Yaguará)	Humedal - Tierras inundadas	Tropical seco	365	0,295
Huila	1992	Difusión	Betania (Yaguará)	Humedal - Tierras inundadas	Tropical seco	365	0,295
Huila	1993	Difusión	Betania (Yaguará)	Humedal - Tierras inundadas	Tropical seco	365	0,295
Huila	1994	Difusión	Betania (Yaguará)	Humedal - Tierras inundadas	Tropical seco	365	0,295
Huila	1995	Difusión	Betania (Yaguará)	Humedal - Tierras inundadas	Tropical seco	365	0,295
Huila	1996	Difusión	Betania (Yaguará)	Humedal - Tierras inundadas	Tropical seco	365	0,295

Departamento	Año de operación	Tipo de emisión	Embalse	Tipo de Cobertura	Clima	Días sin hielo	kg CH_4 ha^{-1} dia^{-1}
Antioquia	1994	Difusión	Rio Grande II	Humedal - Tierras inundadas	Templado cálido húmedo	365	0,15
Antioquia	1995	Difusión	Rio Grande II	Humedal - Tierras inundadas	Templado cálido húmedo	365	0,15
Antioquia	1996	Difusión	Rio Grande II	Humedal - Tierras inundadas	Templado cálido húmedo	365	0,15
Antioquia	1997	Difusión	Rio Grande II	Humedal - Tierras inundadas	Templado cálido húmedo	365	0,15
Antioquia	1998	Difusión	Rio Grande II	Humedal - Tierras inundadas	Templado cálido húmedo	365	0,15
Antioquia	1999	Difusión	Rio Grande II	Humedal - Tierras inundadas	Templado cálido húmedo	365	0,15
Antioquia	2000	Difusión	Rio Grande II	Humedal - Tierras inundadas	Templado cálido húmedo	365	0,15
Antioquia	2001	Difusión	Rio Grande II	Humedal - Tierras inundadas	Templado cálido húmedo	365	0,15
Antioquia	2002	Difusión	Rio Grande II	Humedal - Tierras inundadas	Templado cálido húmedo	365	0,15
Antioquia	2003	Difusión	Rio Grande II	Humedal - Tierras inundadas	Templado cálido húmedo	365	0,15
Cundinamarca	1992	Difusión	Guavio (Ubalá)	Humedal - Tierras inundadas	Templado cálido húmedo	365	0,15
Cundinamarca	1993	Difusión	Guavio (Ubalá)	Humedal - Tierras inundadas	Templado cálido húmedo	365	0,15
Cundinamarca	1994	Difusión	Guavio (Ubalá)	Humedal - Tierras inundadas	Templado cálido húmedo	365	0,15
Cundinamarca	1995	Difusión	Guavio (Ubalá)	Humedal - Tierras inundadas	Templado cálido húmedo	365	0,15
Cundinamarca	1996	Difusión	Guavio (Ubalá)	Humedal - Tierras inundadas	Templado cálido húmedo	365	0,15
Cundinamarca	1997	Difusión	Guavio (Ubalá)	Humedal - Tierras inundadas	Templado cálido húmedo	365	0,15
Cundinamarca	1998	Difusión	Guavio (Ubalá)	Humedal - Tierras inundadas	Templado cálido húmedo	365	0,15
Cundinamarca	1999	Difusión	Guavio (Ubalá)	Humedal - Tierras inundadas	Templado cálido húmedo	365	0,15
Cundinamarca	2000	Difusión	Guavio (Ubalá)	Humedal - Tierras inundadas	Templado cálido húmedo	365	0,15
Cundinamarca	2001	Difusión	Guavio (Ubalá)	Humedal - Tierras inundadas	Templado cálido húmedo	365	0,15
Antioquia	2001	Difusión	Porce II	Humedal - Tierras inundadas	Templado cálido seco	365	0,044

Departamento	Año de operación	Tipo de emisión	Embalse	Tipo de Cobertura	Clima	Días sin hielo	kg CH_4 ha^{-1} dia^{-1}
Antioquia	2002	Difusión	Porce II	Humedal - Tierras inundadas	Templado cálido seco	365	0,044
Antioquia	2003	Difusión	Porce II	Humedal - Tierras inundadas	Templado cálido seco	365	0,044
Antioquia	2004	Difusión	Porce II	Humedal - Tierras inundadas	Templado cálido seco	365	0,044
Antioquia	2005	Difusión	Porce II	Humedal - Tierras inundadas	Templado cálido seco	365	0,044
Antioquia	2006	Difusión	Porce II	Humedal - Tierras inundadas	Templado cálido seco	365	0,044
Antioquia	2007	Difusión	Porce II	Humedal - Tierras inundadas	Templado cálido seco	365	0,044
Antioquia	2008	Difusión	Porce II	Humedal - Tierras inundadas	Templado cálido seco	365	0,044
Antioquia	2009	Difusión	Porce II	Humedal - Tierras inundadas	Templado cálido seco	365	0,044
Antioquia	2010	Difusión	Porce II	Humedal - Tierras inundadas	Templado cálido seco	365	0,044
Caldas	2002	Difusión	Miel I (Norcasia)	Humedal - Tierras inundadas	Tropical seco	365	0,295
Caldas	2003	Difusión	Miel I (Norcasia)	Humedal - Tierras inundadas	Tropical seco	365	0,295
Caldas	2004	Difusión	Miel I (Norcasia)	Humedal - Tierras inundadas	Tropical seco	365	0,295
Caldas	2005	Difusión	Miel I (Norcasia)	Humedal - Tierras inundadas	Tropical seco	365	0,295
Caldas	2006	Difusión	Miel I (Norcasia)	Humedal - Tierras inundadas	Tropical seco	365	0,295
Caldas	2007	Difusión	Miel I (Norcasia)	Humedal - Tierras inundadas	Tropical seco	365	0,295
Caldas	2008	Difusión	Miel I (Norcasia)	Humedal - Tierras inundadas	Tropical seco	365	0,295
Caldas	2009	Difusión	Miel I (Norcasia)	Humedal - Tierras inundadas	Tropical seco	365	0,295
Caldas	2010	Difusión	Miel I (Norcasia)	Humedal - Tierras inundadas	Tropical seco	365	0,295
Caldas	2011	Difusión	Miel I (Norcasia)	Humedal - Tierras inundadas	Tropical seco	365	0,295
Antioquia	2010	Difusión	Porce III	Humedal - Tierras inundadas	Tropical seco	365	0,295
Antioquia	2011	Difusión	Porce III	Humedal - Tierras inundadas	Tropical seco	365	0,295

Departamento	Año de operación	Tipo de emisión	Embalse	Tipo de Cobertura	Clima	Días sin hielo	kg CH_4 ha^{-1} dia^{-1}
Antioquia	2012	Difusión	Porce III	Humedal - Tierras inundadas	Tropical seco	365	0,295
Antioquia	2013	Difusión	Porce III	Humedal - Tierras inundadas	Tropical seco	365	0,295
Antioquia	2014	Difusión	Porce III	Humedal - Tierras inundadas	Tropical seco	365	0,295
Antioquia	2015	Difusión	Porce III	Humedal - Tierras inundadas	Tropical seco	365	0,295
Antioquia	2016	Difusión	Porce III	Humedal - Tierras inundadas	Tropical seco	365	0,295
Antioquia	2017	Difusión	Porce III	Humedal - Tierras inundadas	Tropical seco	365	0,295
Antioquia	2018	Difusión	Porce III	Humedal - Tierras inundadas	Tropical seco	365	0,295
Antioquia	2019	Difusión	Porce III	Humedal - Tierras inundadas	Tropical seco	365	0,295
Córdoba	2000	Difusión	Urra (Tierralta)	Humedal - Tierras inundadas	Tropical seco	365	0,295
Córdoba	2001	Difusión	Urra (Tierralta)	Humedal - Tierras inundadas	Tropical seco	365	0,295
Córdoba	2002	Difusión	Urra (Tierralta)	Humedal - Tierras inundadas	Tropical seco	365	0,295
Córdoba	2003	Difusión	Urra (Tierralta)	Humedal - Tierras inundadas	Tropical seco	365	0,295
Córdoba	2004	Difusión	Urra (Tierralta)	Humedal - Tierras inundadas	Tropical seco	365	0,295
Córdoba	2005	Difusión	Urra (Tierralta)	Humedal - Tierras inundadas	Tropical seco	365	0,295
Córdoba	2006	Difusión	Urra (Tierralta)	Humedal - Tierras inundadas	Tropical seco	365	0,295
Córdoba	2007	Difusión	Urra (Tierralta)	Humedal - Tierras inundadas	Tropical seco	365	0,295
Córdoba	2008	Difusión	Urra (Tierralta)	Humedal - Tierras inundadas	Tropical seco	365	0,295
Córdoba	2009	Difusión	Urra (Tierralta)	Humedal - Tierras inundadas	Tropical seco	365	0,295
Cundinamarca	1992	Difusión	El Hato	Humedal - Tierras inundadas	Templado cálido húmedo	365	0,15
Cundinamarca	1993	Difusión	El Hato	Humedal - Tierras inundadas	Templado cálido húmedo	365	0,15
Cundinamarca	1994	Difusión	El Hato	Humedal - Tierras inundadas	Templado cálido húmedo	365	0,15

Departamento	Año de operación	Tipo de emisión	Embalse	Tipo de Cobertura	Clima	Días sin hielo	kg CH_4 ha^{-1} dia^{-1}
Cundinamarca	1995	Difusión	El Hato	Humedal - Tierras inundadas	Templado cálido húmedo	365	0,15
Cundinamarca	1996	Difusión	El Hato	Humedal - Tierras inundadas	Templado cálido húmedo	365	0,15
Cundinamarca	1997	Difusión	El Hato	Humedal - Tierras inundadas	Templado cálido húmedo	365	0,15
Cundinamarca	1998	Difusión	El Hato	Humedal - Tierras inundadas	Templado cálido húmedo	365	0,15
Cundinamarca	1999	Difusión	El Hato	Humedal - Tierras inundadas	Templado cálido húmedo	365	0,15
Cundinamarca	2000	Difusión	El Hato	Humedal - Tierras inundadas	Templado cálido húmedo	365	0,15
Cundinamarca	2001	Difusión	El Hato	Humedal - Tierras inundadas	Templado cálido húmedo	365	0,15
Cauca	1985	Difusión	Salvajina (Silvia)	Humedal - Tierras inundadas	Templado cálido húmedo	365	0,15
Cauca	1986	Difusión	Salvajina (Silvia)	Humedal - Tierras inundadas	Templado cálido húmedo	365	0,15
Cauca	1987	Difusión	Salvajina (Silvia)	Humedal - Tierras inundadas	Templado cálido húmedo	365	0,15
Cauca	1988	Difusión	Salvajina (Silvia)	Humedal - Tierras inundadas	Templado cálido húmedo	365	0,15
Cauca	1989	Difusión	Salvajina (Silvia)	Humedal - Tierras inundadas	Templado cálido húmedo	365	0,15
Cauca	1990	Difusión	Salvajina (Silvia)	Humedal - Tierras inundadas	Templado cálido húmedo	365	0,15
Cauca	1991	Difusión	Salvajina (Silvia)	Humedal - Tierras inundadas	Templado cálido húmedo	365	0,15
Cauca	1992	Difusión	Salvajina (Silvia)	humedal_tierras inundadas	Templado cálido húmedo	365	0,15
Cauca	1993	Difusión	Salvajina (Silvia)	humedal_tierras inundadas	Templado cálido húmedo	365	0,15
Cauca	1994	Difusión	Salvajina (Silvia)	humedal_tierras inundadas	Templado cálido húmedo	365	0,15
Antioquia	1987	Difusión	Jaguas (San Rafael)	humedal_tierras inundadas	Templado cálido húmedo	365	0,15
Antioquia	1988	Difusión	Jaguas (San Rafael)	humedal_tierras inundadas	Templado cálido húmedo	365	0,15
Antioquia	1989	Difusión	Jaguas (San Rafael)	humedal_tierras inundadas	Templado cálido húmedo	365	0,15
Antioquia	1990	Difusión	Jaguas (San Rafael)	humedal_tierras inundadas	Templado cálido húmedo	365	0,15

Departamento	Año de operación	Tipo de emisión	Embalse	Tipo de Cobertura	Clima	Días sin hielo	kg CH_4 ha^{-1} dia^{-1}
Antioquia	1991	Difusión	Jaguas (San Rafael)	humedal_tierras inundadas	Templado cálido húmedo	365	0,15
Antioquia	1992	Difusión	Jaguas (San Rafael)	humedal_tierras inundadas	Templado cálido húmedo	365	0,15
Antioquia	1993	Difusión	Jaguas (San Rafael)	humedal_tierras inundadas	Templado cálido húmedo	365	0,15
Antioquia	1994	Difusión	Jaguas (San Rafael)	humedal_tierras inundadas	Templado cálido húmedo	365	0,15
Antioquia	1995	Difusión	Jaguas (San Rafael)	humedal_tierras inundadas	Templado cálido húmedo	365	0,15
Antioquia	1996	Difusión	Jaguas (San Rafael)	humedal_tierras inundadas	Templado cálido húmedo	365	0,15
Huila	2015	Difusión	Quimbo	humedal_tierras inundadas	Tropical muy húmedo	365	0,63
Huila	2016	Difusión	Quimbo	humedal_tierras inundadas	Tropical muy húmedo	365	0,63
Huila	2017	Difusión	Quimbo	humedal_tierras inundadas	Tropical muy húmedo	365	0,63
Huila	2018	Difusión	Quimbo	humedal_tierras inundadas	Tropical muy húmedo	365	0,63
Huila	2019	Difusión	Quimbo	humedal_tierras inundadas	Tropical muy húmedo	365	0,63
Huila	2020	Difusión	Quimbo	humedal_tierras inundadas	Tropical muy húmedo	365	0,63
Huila	2021	Difusión	Quimbo	humedal_tierras inundadas	Tropical muy húmedo	365	0,63
Huila	2022	Difusión	Quimbo	humedal_tierras inundadas	Tropical muy húmedo	365	0,63
Huila	2023	Difusión	Quimbo	humedal_tierras inundadas	Tropical muy húmedo	365	0,63
Huila	2024	Difusión	Quimbo	Humedal - Tierras inundadas	Tropical muy húmedo	365	0,63
Antioquia	2019	Difusión	Hidroituango	Humedal - Tierras inundadas	Tropical muy húmedo	365	0,63
Antioquia	2020	Difusión	Hidroituango	Humedal - Tierras inundadas	Tropical muy húmedo	365	0,63
Antioquia	2021	Difusión	Hidroituango	Humedal - Tierras inundadas	Tropical muy húmedo	365	0,63
Antioquia	2022	Difusión	Hidroituango	Humedal - Tierras inundadas	Tropical muy húmedo	365	0,63
Antioquia	2023	Difusión	Hidroituango	Humedal - Tierras inundadas	Tropical muy húmedo	365	0,63
Antioquia	2024	Difusión	Hidroituango	Humedal - Tierras inundadas	Tropical muy húmedo	365	0,63
Antioquia	2025	Difusión	Hidroituango	Humedal - Tierras inundadas	Tropical muy húmedo	365	0,63
Antioquia	2026	Difusión	Hidroituango	Humedal - Tierras inundadas	Tropical muy húmedo	365	0,63

Departamento	Año de operación	Tipo de emisión	Embalse	Tipo de Cobertura	Clima	Días sin hielo	kg CH_4 ha^{-1} dia^{-1}
Antioquia	2027	Difusión	Hidroituango	Humedal - Tierras inundadas	Tropical muy húmedo	365	0,63
Antioquia	2028	Difusión	Hidroituango	Humedal - Tierras inundadas	Tropical muy húmedo	365	0,63
Santander	2015	Difusión	Hidrosogamoso	Humedal - Tierras inundadas	Templado cálido seco	365	0,15
Santander	2016	Difusión	Hidrosogamoso	Humedal - Tierras inundadas	Templado cálido seco	365	0,15
Santander	2017	Difusión	Hidrosogamoso	Humedal - Tierras inundadas	Templado cálido seco	365	0,15
Santander	2018	Difusión	Hidrosogamoso	Humedal - Tierras inundadas	Templado cálido seco	365	0,15
Santander	2019	Difusión	Hidrosogamoso	Humedal - Tierras inundadas	Templado cálido seco	365	0,15
Santander	2020	Difusión	Hidrosogamoso	Humedal - Tierras inundadas	Templado cálido seco	365	0,15
Santander	2021	Difusión	Hidrosogamoso	Humedal - Tierras inundadas	Templado cálido seco	365	0,15
Santander	2022	Difusión	Hidrosogamoso	Humedal - Tierras inundadas	Templado cálido seco	365	0,15
Santander	2023	Difusión	Hidrosogamoso	Humedal - Tierras inundadas	Templado cálido seco	365	0,15
Antioquia	2024	Difusión	Hidroituango	Humedal - Tierras inundadas	Templado cálido seco	365	0.63
Antioquia	2024	Difusión	Jaguas (San Rafael)	humedal_tierras inundadas	Templado cálido húmedo	365	0.15
Antioquia	2024	Difusión	Playas (San Carlos)	Humedal - Tierras inundadas	Tropical muy húmedo	365	0.63
Antioquia	2024	Difusión	Porce II	Humedal - Tierras inundadas	Templado cálido seco	365	0.044
Antioquia	2024	Difusión	Porce III	Humedal - Tierras inundadas	Tropical seco	365	0.295
Antioquia	2024	Difusión	Rio Grande II	Humedal - Tierras inundadas	Templado cálido húmedo	365	0.15
Caldas	2024	Difusión	Miel I (Norcasia)	Humedal - Tierras inundadas	Tropical seco	365	0.295
Cauca	2024	Difusión	Salvajina (Silvia)	Humedal - Tierras inundadas	Templado cálido húmedo	365	0.15
Cordoba	2024	Difusión	Urra (Tierralta)	Humedal - Tierras inundadas	Tropical seco	365	0.295
Cundinamarca	2024	Difusión	Guavio (Ubalá)	Humedal - Tierras inundadas	Templado cálido húmedo	365	0.15

Departamento	Año de operación	Tipo de emisión	Embalse	Tipo de Cobertura	Clima	Días sin hielo	kg CH_4 ha^{-1} dia^{-1}
Cundinamarca	2024	Difusión	El Hato	Humedal - Tierras inundadas	Templado cálido húmedo	365	0.15
Huila	2024	Difusión	Betania (Yaguará)	Humedal - Tierras inundadas	Tropical seco	365	0.295
Huila	2024	Difusión	Quimbo	humedal_tierras inundadas	Tropical muy húmedo	365	0.63
Santander	2024	Difusión	Hidrosogamoso	Humedal - Tierras inundadas	Templado cálido seco	365	0.044

11 REFERENCIAS

Adame MF, Kauffman JB, Medina I, Gamboa JN, Torres O, Caamal J, Raza M, & Herrera-Silveira J. (2013). Carbon Stocks of Tropical Coastal Wetlands within the Karstic Landscape of the Mexican Caribbean. PLOS ONE, 8(2), 1–13.

Adame, M. F., Santini, N. S., Tovilla, C., Vázquez-Lule, A., Castro, L., & Guevara, M. (2015). Carbon stocks and soil sequestration rates of tropical riverine wetlands. Biogeosciences, 12(12), 3805–3818. https://doi.org/10.5194/BG-12-3805-2015

Agencia Nacional de Hidrocarburos. (2024). Información operativa del sector hidrocarburos reportada por operadores. https://www.anh.gov.co/

AGROSAVIA. (2022). La innovación de la ganadería ovino caprina con productores campesinos e indígenas del Tolima. Balance Social. https://www.agrosavia.co/media/fcadcodi/accion-corporativa_ovino-caprino-tolima.pdf

Akagi, S. K., Yokelson, R. J., Wiedinmyer, C., Alvarado, M. J., Reid, J. S., Karl, T., Crounse, J. D., & Wennberg, P. O. (2011). Emission Factors for Open and Domestic Biomass Burning for Use in Atmospheric Models. Atmospheric Chemistry and Physics, 11(9), 4039–4072. https://doi.org/10.5194/acp-11-4039-2011

Amell Arrieta, A., Chejne Janna, F., Lopez Lopez, D., Forero, C., Herrera, B., Alvarado Torres, P., Ceballos Marín, C., Giraldo Restrepo, S., & Porras Lopez, J. (2016). Consultoría técnica para el fortalecimiento y mejora de la base de datos de factores de emisión de los combustibles colombianos - FECOC. https://app.upme.gov.co/Calculadora_Emisiones1/new/Informe_Final_FECOC_Correcciones_UPME_FunNatura.pdf

Amon, B., Hutchings, N., Dämmgen, U., Sommer, S., & Webb, J. (2023). EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023; 3.B Manure management. https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/emep-eea-guidebook-2023/part-b-sectoral-guidance-chapters/3-agriculture/3-b-manure-management-2023/@@download/file

Angulo, R. A., Restrepo, L. F., & Berdugo, J. A. (2005). Quality characteristics of buffalo and cattle carcasses commercialized in Medellin, Colombia. Livestock Research for Rural Development, 17(9). https://www.lrrd.org/lrrd17/9/angu17103.htm

Ashford, P., Baker, J., Clodic, D., Devotta, S., Godwin, D., Harnisch, J., Irving, W., Jeffs, M., Kuijpers, L., MCCulloch, A., De Aguiar, R., Uemura, S., & Verdonik, D. (2006). Capítulo 7: Emisiones de los sustitutos fluorados para las sustancias que agotan la capa de ozono. In 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 5: Waste (2006th ed., Vol. 3, 7). IPCC. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/3_Volume3/V3_7_Ch7_ODS_Substitutes.pdf

Banik, A., Sen, M., & Sen, S. P. (1996). Effects of inorganic fertilizers and micronutrients on methane production from wetland rice (Oryza sativa L.). Biology and Fertility of Soils, 21(4), 319–322. https://doi.org/10.1007/BF00334910/METRICS

Basak, B. B., Sarkar, B., Saha, A., Sarkar, A., Mandal, S., Biswas, J. K., Wang, H., & Bolan, N. S. (2022). Revamping highly weathered soils in the tropics with biochar application: What we know and what is needed. Science of the Total Environment, 822. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153461

Berdowski, J., Van Der Most, P., Slager, J. M., Mulder, W., Hlawiczka, S., Fudala, J., Bloos, J. P., Verhoeve, P., Quass, U., Pierce, M., Pulles, T., Appelman, W., Rentz, O., Karl, U., & Woodfield, M. (2019). 2.C.1 Iron and steel production. In EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019 (2019th ed., Vol. 2, 2.C.1). European Environment Agency. https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/emep-eea-guidebook-2019/part-b-sectoral-guidance-chapters/2-industrial-processes/2-c-metal-production/2-c-1-iron-and/@@download/file

Berdowski, J., Van Der Most, P., Veldt, C., Bloos, J. P., Pacyna, J. M., Rentz, O., Oertel, D., Karl, U., Pulles, T., Appelman, W., & Dellaert, S. (2019). 2.C.5 Lead production. In EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019 (2019th ed., Vol. 2, 2.C.5). European Environment Agency. https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/emep-eea-guidebook-2019/part-b-sectoral-guidance-chapters/2-industrial-processes/2-c-metal-production/2-c-5-lead-production/@@download/file

BMC. (2020). SERIE DE ESTUDIOS SECTORIALES Carne de cerdo (Porcino). UNIDAD DE ESTUDIOS ECONÓMICOS.

Boettcher, C., Garg, A., Nzomo Mbuthi, P., Oliver, S. J., Quadrelli, R., Ann Randles USA, C., Rodrigues de Souza, R., Kumar Singh, A., Dawidowski, L. E., Kolmogortseva, O., Okazaki, T., Person Rocha Pinho, I., Smyth, S. C., & Witi, J. (2019). Chapter 4: Fugitive Emissions. In 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (2019th ed., Vol. 2, 4). IPCC. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/pdf/2_Volume2/19R_V2_4_Ch04_Fugitive_Emissions.pdf

Bravo-Parra, A. M. (2021). Cadenas sostenibles ante un clima cambiante La ganadería en Colombia. Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UN)., 142. https://www.giz.de/de/downloads/GIZ_CIAT_GanaderiaPag_sencillas_web.pdf

Burkart, S., Díaz, M. F., Enciso-Valencia, K., Urrea Benítez, J. L., Charry-Camacho, A., & Triana Ángel, N. (2020). COVID-19 y el sector ganadero bovino en Colombia: Desarrollos actuales y potenciales, impactos y opciones de mitigación. International Center for Tropical Agriculture. https://hdl.handle.net/10568/108370

Butterbach-Bahl, K., Baggs, E. M., Dannenmann, M., Kiese, R., & Zechmeister-Boltenstern, S. (2013). Nitrous oxide emissions from soils: How well do we understand the processes and their controls? Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 368(1621). https://doi.org/10.1098/RSTB.2013.0122/22151

Caballero, L. (2019). "4 millones de bovinos entraron de contrabando entre 2016 y parte de 2018": Lafaurie | CONtexto Ganadero. https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/4-millones-de-bovinos-entraron-de-contrabando-entre-2016-y-parte-de-2018

Cárdenas, A., Ammon, C., Schumacher, B., Stinner, W., Herrmann, C., Schneider, M., Weinrich, S., Fischer, P., Amon, T., & Amon, B. (2021). Methane emissions from the storage of liquid dairy manure: Influences of season, temperature and storage duration. Waste Management, 121, 393–402. https://doi.org/10.1016/J.WASMAN.2020.12.026

Carras, J., Franklin, P., Hu, Y., Singh, A. K., Tailakov, O., Picard, D., Ahmed, A., Gjerald, E., Nordrum, S., & Yesserkepova, I. (2006a). Capítulo 4: Emisiones fugitivas. In 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 5: Waste (2006th ed., Vol. 2, 4). https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/2_Volume2/V2_4_Ch4_Fugitive_Emissions.pdf

Carras, J., Franklin, P., Hu, Y., Singh, A. K., Tailakov, O., Picard, D., Ahmed, A., Gjerald, E., Nordrum, S., & Yesserkepova, I. (2006b). Capítulo 4: Emisiones fugitivas. In 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 5: Waste (2006th ed., Vol. 2, 4). https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/2_Volume2/V2_4_Ch4_Fugitive_Emissions.pdf

Castellanos, H. G. (2021a). Mapa nacional de coberturas de la tierra, escala 1:100.000, periodo 2018. Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia.

Castellanos, H. G. (2021b). Mapa nacional de coberturas de la tierra, escala 1:100.000, periodo 2018. Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).

Chavez, R., Aponte, H., Chavez, R., & Aponte, H. (2023). Carbono en el Pacífico sudamericano: reservas en comunidades vegetales de un humedal costero en Perú. Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 47(185), 962–976. https://doi.org/10.18257/RACCEFYN.1925

Cicerone, R. J., & Oremland, R. S. (1988). Biogeochemical aspects of atmospheric methane. Global Biogeochemical Cycles, 2(4), 299–327. https://doi.org/10.1029/GB002I004P00299;JOURNAL:JOURNAL:19449224;PAGE:STRING:ARTICLE/CHAPTER

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2018). Balance Preliminar de las Economías de América Latina y el Caribe, 2017 (LC/PUB.2017/28-P). www.cepal.org/es/suscripciones

Comisión intersectorial de cambio climático. (2016). Acuerdo No. 001 del 13 de abril de 2016 por el cual se adopta el reglamento operativo de la CICC y se toman otras determinaciones.

Consorcio HART-RE. (2020). Capacidad instalada de autogeneración y cogeneración en el sector de industria, petróleo, comercio y público del país. https://www.simco.gov.co/

Contexto ganadero. (2017). Sacrificio bovino ha disminuido 14 % en los últimos 4 años en el país | CONtexto Ganadero. https://www.contextoganadero.com/economia/sacrificio-bovino-ha-disminuido-14-en-los-ultimos-4-anos-en-el-pais

Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). (2024). Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL). https://cdm.unfccc.int/

DANE - Cuentas nacionales. (2026). https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/cuentas-nacionales

DANE, D. A. N. de E. (2018). Censo Nacional de Población y Vivienda 2018. https://www.dane.gov.co

DANE. (2022). Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades económicas. Revisión 4. Adaptada para Colombia. CIIU REV. 4 A.C (2022). Https://Www.Dane.Gov.Co/Files/Sen/Nomenclatura/Ciiu/CIIU_Rev_4_AC2022.Pdf.

DANE. (2026). Boletín técnico Cuentas nacionales anuales (CNA) 2024. https://www.dane.gov.co/files/operaciones/PIB/bol-CuentasNalANuales-2024p.pdf

DANE. (2026). DANE - Encuesta nacional de arroz mecanizado (ENAM). https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/agropecuario/encuesta-de-arroz-mecanizado

Danish Environmental Protection Agency. (2023). Title of the report. https://eng.mst.dk/

Davies Waldron, C., Harnisch, J., McKibbon, R. S., Saile, S. B., Wagner, F., Walsh, M. P., Lucon, O., Walsh, M., Höhne, N., Hupe, J., Lee, D. S., Rypdal, K., Maurice, L. Q., Hockstad, L., Höhne, N., Hupe, J., Lee, D. S., Kapshe, M., Allyn, D. M., … Pesmajoglou, S. (2006). Capítulo 3: Combustión móvil. In 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 5: Waste (2006th ed., Vol. 2, 3). IPCC. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/2_Volume2/V2_3_Ch3_Mobile_Combustion.pdf

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), & Sierra, M. (2016). Guía para la estimación de la Cuenta de emisiones al aire por procesos de producción y utilización de materiales. https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/ambientales/cuentas_ambientales/cuenta-ambiental-economica-flujos-materiales/Guia-metodologica-cuenta-ambiental-y-economica-de-flujos-de-materiales.pdf

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2019). Censo Nacional de Población y Vivienda 2018. https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-nacional-de-poblacion-y-vivenda-2018

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2024, December 30). Cuenta Satélite de Minería (CSM). Cuenta Satélite de Minería (CSM). https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/cuentas-nacionales/cuentas-satelite/cuenta-satelite-de-mineria-csm

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2025, December 19). Encuesta Anual Manufacturera (EAM). Encuesta Anual Manufacturera (EAM). https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/industria/encuesta-anual-manufacturera-enam

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2025a). Cuenta Ambiental y Económica de Flujos de Materiales de Residuos Sólidos (CAEFM-RS). https://www.dane.gov.co/files/operaciones/CAEFM-RS

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2025b). Cuenta Ambiental y Económica de Residuos Sólidos. DANE.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2025c). Encuesta Nacional de Calidad de Vida (ECV) 2025. https://microdatos.dane.gov.co/catalog/678/study-description

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2025d, December 19). Encuesta Anual Manufacturera (EAM). Encuesta Anual Manufacturera (EAM). https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/industria/encuesta-anual-manufacturera-enam

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2026a, May 14). Censo de edificaciones (CEED). Censo de edificaciones (CEED). https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/construccion/censo-de-edificaciones

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2026b, June 30). Estadísticas de Cemento Gris. Estadísticas de Cemento Gris (ECG). https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/construccion/estadisticas-de-cemento-gris

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2005). Producto Interno Bruto (PIB) del sector industrial - Cuentas Nacionales. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/cuentas-nacionales

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2023). Proyecciones y retroproyecciones de población con base en el Censo Nacional de Población y Vivienda 2018. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). https://www.dane.gov.co/

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2023a). Proyecciones y retroproyecciones de población con base en el Censo Nacional de Población y Vivienda 2018. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). https://www.dane.gov.co/

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2023b). Proyecciones y retroproyecciones de población con base en el Censo Nacional de Población y Vivienda 2018. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). https://www.dane.gov.co/

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2024). Cuentas Nacionales Anuales: agregados macroeconómicos. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/cuentas-nacionales

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2024a). Cuentas Nacionales Anuales: agregados macroeconómicos. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/cuentas-nacionales

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2024b). División Político Administrativa de Colombia (DIVIPOLA). Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). https://www.dane.gov.co/index.php/geoestadistica/nomenclaturas-y-clasificaciones/divipola

Departamento Nacional de Planeación. (2024, February 19). Cifras y análisis, indicador de coyuntura. Planeación y Desarrollo. https://www.dnp.gov.co/publicaciones/Planeacion/Paginas/en-2023-la-industria-redujo-su-produccion-real-despues-de-las-tasas-inusualmente-altas-de-2021-y-2022.aspx

Ding, A., Willis, C. R., Sass, R. L., & Fisher, F. M. (1999). Methane emissions from rice fields: Effect of plant height among several rice cultivars. Global Biogeochemical Cycles, 13(4), 1045–1052. https://doi.org/10.1029/1999GB900084

DNP. (2007). POLÍTICA NACIONAL DE SANIDAD E INOCUIDAD PARA LA CADENA PORCICOLA. In Documento conpes 3458. https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3458.pdf

Duque Montoya, A. J., Yepes Quintero, A. P., Navarrete Encinales, D. A., & Phillips Bernal, J. F. (2011). Estimación de las emisiones de dióxido de carbono generadas por deforestación, durante el período 2005-2010 / editores Álvaro Javier Duque Montoya ... [et al.]. http://ezproxy.unal.edu.co/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat02704a&AN=unc.000677588&lang=es&site=eds-live

EEA, E. E. A. (2019). EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019. EEA.

Eghball, B., & Power, J. F. (1994). Beef cattle feedlot manure management. Journal of Soil and Water Conservation, 49(2), 113–122. https://doi.org/10.1080/00224561.1994.12456844

EPA. (2005). U.S. Greenhouse Gas Inventory Report Archive. https://www.epa.gov/ghgemissions/us-greenhouse-gas-inventory-report-archive

EPA. (2026). AP 42, Fifth Edition, Volume I Chapter 14: Greenhouse Gas Biogenic Sources | US EPA. https://www.epa.gov/air-emissions-factors-and-quantification/ap-42-fifth-edition-volume-i-chapter-14-greenhouse-gas-0

Espinal, F. C., & Martínez-Covaleda, H. J. (2006). Agroindustria y competitividad. Estructura y dinámica en Colombia 1992-2005. Agroindustria y Competitividad: Estructura y Dinámica En Colombia 1992-2005., 131–179. https://hdl.handle.net/11324/19791

European Environment Agency (EEA). (2019a). 5.A Biological Treatment of Waste – Solid Waste Disposal on Land. In EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019. European Environment Agency (EEA). https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/emep-eea-guidebook-2019/part-b-sectoral-guidance-chapters/5-waste/5-a-biological-treatment-of

European Environment Agency (EEA). (2019b). 5.A Biological Treatment of Waste – Solid Waste Disposal on Land. In EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019. European Environment Agency (EEA). https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/emep-eea-guidebook-2019/part-b-sectoral-guidance-chapters/5-waste/5-a-biological-treatment-of

European Environment Agency. (2019). EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019. Publications Office of the European Union. https://doi.org/10.2800/293657

European Environment Agency. (2019). EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019. Publications Office of the European Union. https://doi.org/10.2800/293657

European Environment Agency. (2019a). 5.C.1.a Municipal Waste Incineration (EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019). https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/emep-eea-guidebook-2019/part-b-sectoral-guidance-chapters/5-waste/5-c-1-a-municipal

European Environment Agency. (2019a). EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019. Publications Office of the European Union. https://doi.org/10.2800/293657

European Environment Agency. (2019b). 5.C.1.b Industrial Waste Incineration Including Hazardous Waste and Sewage Sludge (EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019). https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/emep-eea-guidebook-2019/part-b-sectoral-guidance-chapters/5-waste/5-c-1-b-industrial

European Environment Agency. (2019b). EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019. Publications Office of the European Union. https://doi.org/10.2800/293657

European Environment Agency. (2019c). 5.C.1.b Industrial Waste Incineration Including Hazardous Waste and Sewage Sludge (EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019). https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/emep-eea-guidebook-2019/part-b-sectoral-guidance-chapters/5-waste/5-c-1-b-industrial

European Environment Agency. (2019d). 5.C.1.b.v Cremation (EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019). https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/emep-eea-guidebook-2019/part-b-sectoral-guidance-chapters/5-waste/5-c-1-b-v

European Environment Agency. (2019e). 5.C.2 Open Burning of Waste (EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019).

European Environment Agency. (2019f). 5.D Wastewater Handling. https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/emep-eea-guidebook-2019/part-b-sectoral-guidance-chapters/5-waste

European Environment Agency. (2019g). 5.D Wastewater Handling. https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/emep-eea-guidebook-2019/part-b-sectoral-guidance-chapters/5-waste

European Environment Agency. (2019h). EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019. Publications Office of the European Union. https://doi.org/10.2800/293657

European Environment Agency. (2019i). EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019. Publications Office of the European Union. https://doi.org/10.2800/293657

European Environment Agency. (2023). 5.C.1.b.iii Clinical Waste Incineration. https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/emep-eea-guidebook-2023/part-b-sectoral-guidance-chapters/5-waste/5-c-1-b-iii

FAO, F. and A. O. of the U. N. (2023). Forest Products Yearbook. FAO.

FAO, F. and A. O. of the U. N. (2023). Global Forest Resources Assessment. FAO.

FAO, F. and A. O. of the U. N. (2025). FAOSTAT – Forestry Production and Trade. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). https://www.fao.org/faostat/en/#data/FO

FAO. (2026a). Livestock and enteric methane | Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). https://www.fao.org/in-action/enteric-methane/en

FAO. (2026b, December 30). Crops and livestock products. FAOStat, Agricultural Production Statistics. https://doi.org/10.4060/CD8035EN

FEDEARROZ. (2026). Estadísticas Arroceras - Fedearroz. https://www.fedearroz.com.co/es/fondo-nacional-del-arroz/investigaciones-economicas/estadisticas-arroceras/

FEDEGAN. (2013). Análisis del inventario ganadero colombiano. Comportamiento y variables explicativas | Fedegán. https://www.fedegan.org.co/publicacion-presentaciones/analisis-del-inventario-ganadero-colombiano-comportamiento-y-variables

FEDEGAN. (2024). Documentos de Estadística | Fedegán. Proyección de Inventario Ganadero. https://www.fedegan.org.co/estadisticas/documentos-de-estadistica

FEDEGAN. (2026). Ganadería Colombiana: Hoja de Ruta 2018 – 2022 | Fedegán. https://www.fedegan.org.co/noticias/ganaderia-colombiana-hoja-de-ruta-2018-2022

FINAGRO. (2021). Ficha de inteligencia: Porcicultura.

Fontelle, J.-P., Fridell, E., Grigoriadis, A., Hill, N., Kilde, N., Lavender, K., Mamarikas, S., Reynolds, G., Rypdal, K., Thomas, R., Webster, A., & Winther, M. (2019). 1.A.3.d Navigation. In EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019 (2021st ed., Vol. 1, 1.A.3.d). European Envrionmental Agency. https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/emep-eea-guidebook-2019/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1-a-3-d-navigation/@@download/file

Food, & of the United Nations (FAO), A. O. (2025). FAOSTAT: Food Balances - Protein supply quantity (g/capita/day), Colombia. FAO. https://www.fao.org/faostat/

Fujii, K., Shibata, M., Kitajima, K., Ichie, T., Kitayama, K., & Turner, B. L. (2018). Plant–soil interactions maintain biodiversity and functions of tropical forest ecosystems. Ecological Research, 33(1), 149–160. https://doi.org/10.1007/S11284-017-1511-Y;PAGE:STRING:ARTICLE/CHAPTER

Garcia-Apaza, E., Paz, O., & Arana, I. (2008). Greenhouse gas emissions from enteric fermentation of livestock in Bolivia: values for 1990–2000 and future projections. Australian Journal of Experimental Agriculture, 48(2), 255–259. https://doi.org/10.1071/EA07247

García, G., Garavito, H., & Naranjo, E. (2016). Plan Estratégico de Ciencias, Tecnología e Innovación(PECTIA) del Sector Agropecuario colombiano. Cadena Equina, Asnal y Mular. https://repository.agrosavia.co/server/api/core/bitstreams/a342599e-beef-4987-a24d-1e9d64660233/content

GHG Protocol. (2014). Global warming potential values. Https://Ghgprotocol.Org/Sites/Default/Files/Global-Warming-Potential-Values%20%28Feb%2016%202016%29_1.Pdf.

Gómez, D., Watterson, J., Americano, B., Ha, C., Marland, G., Matsika, E., Nenge Namayanga, L., Osman-Elasha, B., Kalenga Saka, J. D., Treanton, K., & Quadrelli, R. (2006a). Capítulo 2: Combustión estacionaria. In 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 5: Waste (2006th ed., Vol. 2, 2). IPCC. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/2_Volume2/V2_2_Ch2_Stationary_Combustion.pdf

Gómez, D., Watterson, J., Americano, B., Ha, C., Marland, G., Matsika, E., Nenge Namayanga, L., Osman-Elasha, B., Kalenga Saka, J. D., Treanton, K., & Quadrelli, R. (2006b). Capítulo 2: Combustión estacionaria. In 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 5: Waste (2006th ed., Vol. 2, 2). IPCC. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/2_Volume2/V2_2_Ch2_Stationary_Combustion.pdf

Greenhouse Gas Protocol. (2022). Quantitative Inventory Uncertainty. Https://Ghgprotocol.Org/Sites/Default/Files/2022-12/Quantitative%20Uncertainty%20Guidance.Pdf.

Gustavo Ribeiro Pereira, L., Vet, M., Machado, F. S., Campos, M. M., Guimaraes Júnior, R., Tomich, T. R., Reis, L. G., Coombs, C., & Vet St, M. (2015). Enteric methane mitigation strategies in ruminants: a review. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 28(2), 124–143. https://doi.org/10.17533/UDEA.RCCP.324918

Gutiérrez, J. A. B. (2013). Historia de la aplicación de biotecnologías reproductivas en la cría del búfalo en Colombia. Uni-Pluriversidad, 12(3), 87–91. https://doi.org/10.17533/udea.unipluri.15160

Han, B., Yao, Y., Liu, B., Wang, Y., Su, X., Ma, L., Liu, D., Niu, S., Chen, X., & Li, Z. (2024). Relative importance between nitrification and denitrification to N2O from a global perspective. Global Change Biology, 30(1), e17082. https://doi.org/10.1111/GCB.17082;REQUESTEDJOURNAL:JOURNAL:13652486;JOURNAL:JOURNAL:13652486;WGROUP:STRING:PUBLICATION

Hanle, L., Maldonado, P., Onuma, E., Tichy, M., & van Oss, H. (2006a). Capítulo 2: Emisiones de la industria de los minerales. In 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 5: Waste (2006th ed., Vol. 3, 2). IPCC. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/3_Volume3/V3_2_Ch2_Mineral_Industry.pdf

Hanle, L., Maldonado, P., Onuma, E., Tichy, M., & van Oss, H. (2006b). Capítulo 2: Emisiones de la industria de los minerales. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/3_Volume3/V3_2_Ch2_Mineral_Industry.pdf

Harnisch, J., Jubb, C., Nakhutin, A., Sena, V., Lanza, R., Martinsen, T., Abdul, M., Santos, M., MCCulloch, A., & Mader, B. (2006). Capítulo 3: Emisiones de la industria química. In 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 5: Waste (2006th ed., Vol. 3, 3). IPCC. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/3_Volume3/V3_3_Ch3_Chemical_Industry.pdf

Hutchings, N., Webb, J., & Amon, B. (2023). EMEP/EEA air pollutant emission inventory Guidebook 2023. 3.D Crop production and agricultural soils. https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/emep-eea-guidebook-2023/part-b-sectoral-guidance-chapters/3-agriculture/3-b-manure-management-2023/@@download/file

Ideam, I. de H. M. y E. A. (Ideam). (2021b). Inventario Forestal Nacional (IFN) de Colombia. Ideam.

Ideam, I. de H. M. y E. A. (Ideam). (2021c). Inventario Nacional de Humedales de Colombia. Ideam.

Ideam, I. de H. M. y E. A. (Ideam). (2021d). Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC): Monitoreo de la deforestación en Colombia. Ideam.

Ideam, I. de H. M. y E. A. (Ideam). (2024). Documento del Inventario Nacional de Emisiones y Absorciones Atmosféricas de Colombia. Gases de Efecto Invernadero (1990–2021). Primer Informe Bienal de Transparencia (BTR1). Ideam.

Ideam, Minambiente, Fundación Natura, & PNUD. (2024). Documento del Inventario Nacional de Emisiones y Absorciones Atmosféricas de Colombia. Gases de efecto invernadero (1990-2021). Contaminantes criterio y carbono negro (2010-2021). Primer Informe Bienal de Transparencia de Colombia (BTR 1). Presentado ante la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático. https://unfccc.int/sites/default/files/resource/BTR1_Colombia_Annex1_NIR.pdf

Ideam. (2019). Documento metodológico: Operación Estadística Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural en Colombia. https://www.ideam.gov.co/sites/default/files/archivos/documento_metodologico.pdf

Ideam. (2021a). Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMByC). Ideam.

Ideam. (2026). Documento metodológico de la operación estadística “Estadísticas del inventario de emisiones y absorciones atmosféricas.”

IGAC, I. G. A. C. (2014). Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras de Colombia.

Instituto Colombiano Agropecuario - ICA. (2026). https://www.ica.gov.co/areas/pecuaria/servicios/epidemiologia-veterinaria/censos-2016/censo-2018

Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). (2026). Anexo: Emisiones fugitivas del sector energía (CRT 1.B).

Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). (2021). Registro Único Ambiental Manufacturero (RUA Manufacturero): Microdatos de vertimientos y tratamiento de aguas residuales industriales. Ideam.

Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). (2024). Informe Nacional del Registro Único Ambiental Manufacturero de Colombia (RUA MF), 2023.

Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). (2025a). Informe Nacional de Residuos o Desechos Peligrosos 2024.

Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). (2025b). Informe Nacional de Residuos o Desechos Peligrosos 2024.

Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). (2025c). Registro de Generadores de Residuos o Desechos Peligrosos (RESPEL): serie histórica nacional 2010–2024. Ideam.

Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). (2025d). Registro de Generadores de Residuos o Desechos Peligrosos (RESPEL): serie histórica nacional 2010–2024. Ideam.

Instituto de Hidrología, M. y E. A. (Ideam). (2021). Inventario Nacional de Embalses para la estimación de emisiones de gases de efecto invernadero. Ideam.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2006a). Chapter 3: Solid Waste Disposal. In 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 5: Waste (pp. 3.1–3.40). Institute for Global Environmental Strategies (IGES).

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2006b). Chapter 3: Solid Waste Disposal. In 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 5: Waste (pp. 3.1–3.40). Institute for Global Environmental Strategies (IGES).

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2006c). Incineration and Open Burning of Waste. In 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 5: Waste (5). Institute for Global Environmental Strategies (IGES). https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/5_Volume5/V5_5_Ch5_IOB.pdf

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2006d). Incineration and Open Burning of Waste. In 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 5: Waste (5). Institute for Global Environmental Strategies (IGES). https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/5_Volume5/V5_5_Ch5_IOB.pdf

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2006). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (H. S. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, & K. Tanabe, Eds.). Institute for Global Environmental Strategies.

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2006a). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (H. S. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, & K. Tanabe, Eds.). Institute for Global Environmental Strategies.

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2006a). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (H. S. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, & K. Tanabe, Eds.). Institute for Global Environmental Strategies.

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2006b). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (H. S. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, & K. Tanabe, Eds.). Institute for Global Environmental Strategies.

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2006b). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (H. S. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, & K. Tanabe, Eds.). Institute for Global Environmental Strategies.

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2006c). Chapter 6: Wastewater Treatment and Discharge. In 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5: Waste. IGES. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/5_Volume5/V5_6_Ch6_Wastewater.pdf

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2006d). Chapter 6: Wastewater Treatment and Discharge. In 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5: Waste. IGES. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/5_Volume5/V5_6_Ch6_Wastewater.pdf

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2019). 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (E. Calvo Buendia, K. Tanabe, A. Kranjc, J. Baasansuren, M. Fukuda, S. Ngarize, A. Osako, Y. Pyrozhenko, P. Shermanau, & S. Federici, Eds.). IPCC. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2019). 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (E. Calvo Buendia, K. Tanabe, A. Kranjc, J. Baasansuren, M. Fukuda, S. Ngarize, A. Osako, Y. Pyrozhenko, P. Shermanau, & S. Federici, Eds.). IPCC. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2019a). 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (E. Calvo Buendia, K. Tanabe, A. Kranjc, J. Baasansuren, M. Fukuda, S. Ngarize, A. Osako, Y. Pyrozhenko, P. Shermanau, & S. Federici, Eds.). IPCC. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2019b). Chapter 6: Wastewater Treatment and Discharge. In E. Calvo Buendia, K. Tanabe, A. Kranjc, J. Baasansuren, M. Fukuda, S. Ngarize, A. Osako, Y. Pyrozhenko, P. Shermanau, & S. Federici (Eds.), 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5: Waste. Intergovernmental Panel on Climate Change. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/vol5.html

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2019c). Chapter 6: Wastewater Treatment and Discharge. In E. Calvo Buendia, K. Tanabe, A. Kranjc, J. Baasansuren, M. Fukuda, S. Ngarize, A. Osako, Y. Pyrozhenko, P. Shermanau, & S. Federici (Eds.), 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5: Waste. Intergovernmental Panel on Climate Change. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/vol5.html

IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme. (2019). IPCC Emission Factor Database (EFDB). https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/main.php

IPCC, I. P. on C. C. (2006). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use. Institute for Global Environmental Strategies (IGES).

IPCC, I. P. on C. C. (2006a). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use. Institute for Global Environmental Strategies (IGES).

IPCC, I. P. on C. C. (2006b). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 4. Forest Land. IGES.

IPCC, I. P. on C. C. (2014). 2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands. IPCC.

IPCC, I. P. on C. C. (2019). 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Chapter 2: Generic Methodologies Applicable to Multiple Land-use Categories. IPCC.

IPCC, I. P. on C. C. (2019). 2019 Refinement to Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use. IPCC.

IPCC, I. P. on C. C. (2019). 2019 Refinement to Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use. IPCC.

IPCC. (2006). Chapter 4: Biological Treatment of Solid Waste. In H. S. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, & K. Tanabe (Eds.), 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 5: Waste. Institute for Global Environmental Strategies (IGES). https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol5.html

Jakob, J., Simon, S., & Karring, S. H. (n.d.). The molecular processes of urea hydrolysis in relation to ammonia emissions from agriculture. https://doi.org/10.1007/s11157-018-9466-1

Kuenen, J. (2019). 2.C.2 Ferroalloys production. In EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019 (2019th ed., Vol. 2, 2.C.2). European Environment Agency. https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/emep-eea-guidebook-2019/part-b-sectoral-guidance-chapters/2-industrial-processes/2-c-metal-production/2-c-2-ferroalloys-production/@@download/file

Kuenen, J., Appelman, W., Rentz, O., Oertel Dagmar, Berdowski, J., Jonker, J., Bloos, J., Richardson, S., Passant, N., Pittman, S., Woodfield, M., & van der Most, P. (2019). 2.B Chemical industry 2019. In EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019 (2019th ed., Vol. 2, 2.B). European Environment Agency. https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/emep-eea-guidebook-2019/part-b-sectoral-guidance-chapters/2-industrial-processes/2-b-chemical-industry/2-b-chemical-industry/@@download/file

Kuenen, J., Coenen, P., Hausmann, K., Kampffmeyer, T., Kludt, R., & Visschedijk, A. (2019). 2.A.5.b Construction and demolition 2019. In EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019 (2019th ed., Vol. 2, 2.A.5.b). European Environment Agency. https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/emep-eea-guidebook-2019/part-b-sectoral-guidance-chapters/2-industrial-processes/2-a-mineral-products/2-a-5-b-construction/@@download/file

Kuenen, J., Deslauriers, M., Trozzi, C., & Woodfield, M. (2019). 2.H.1 Pulp and paper industry. In EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019 (2019th ed., Vol. 2, 2.H.1). European Environment Agency.

https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/emep-eea-guidebook-2019/part-b-sectoral-guidance-chapters/2-industrial-processes/2-h-other-industry-production/2-h-1-pulp-and/@@download/file

Kuenen, J., Emmott, M. A., Richardson, S., & Woodfield, M. (2019). 2.H.2 Food and beverages industry. In EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019 (2019th ed., Vol. 2, 2.H.2). European Environment Agency. https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/emep-eea-guidebook-2019/part-b-sectoral-guidance-chapters/2-industrial-processes/2-h-other-industry-production/2-h-2-food-and/@@download/file

Kuenen, J., Trozzi, C., & Woodfield, M. (2019). 2.D.3.h Printing. In EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019 (2019th ed., Vol. 2, 2.D.3.h). European Environment Agency. https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/emep-eea-guidebook-2019/part-b-sectoral-guidance-chapters/2-industrial-processes/2-d-l-other-solvent/2-d-3-h-printing/@@download/file

Kuenen, J., Trozzi, C., Berdowski, J., van der Most, P., Verhoeve, P., & Woodfield, M. (2019). 2.D.3.e Degreasing. In EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019 (2019th ed., Vol. 2, 2.D.3.e). European Environment Agency. https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/emep-eea-guidebook-2019/part-b-sectoral-guidance-chapters/2-industrial-processes/2-d-l-other-solvent/2-d-3-e-degreasing/@@download/file

Kuenen, J., Trozzi, C., Fauser, P., Dettling, F., & Reichel, J. (2019). 2.D.3.i, 2.G Other solvent and product use. In EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019 (2019th ed., Vol. 2, 2.D.3.i, 2.G). European Environment Agency. https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/emep-eea-guidebook-2019/part-b-sectoral-guidance-chapters/2-industrial-processes/2-d-l-other-solvent/2-d-3-i-2/@@download/file

Kuenen, J., Trozzi, C., Fauser, P., Passant, N., & Woodfield, M. (2019). 2.D.3.a Domestic solvent use including fungicides. In EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019 (2019th ed., Vol. 2, 2.D.3.a). European Environment Agency. https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/emep-eea-guidebook-2019/part-b-sectoral-guidance-chapters/2-industrial-processes/2-d-l-other-solvent/2-d-3-a-domestic/@@download/file

Kuenen, J., Trozzi, C., Nielsen, O.-K., Plejdrup, M. S., Dore, C., Nielsen, M., Kubica, K., Paradiz, B., Dilara, P., Klimont, Z., Kakareka, S., Debsk, B., Woodfield, M., Stewart, R., Whiting, R., & Visschedijk, A. (2019). 1.A.4 Small combustion. In EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019 (2019th ed., Vol. 1, 1.A.4). European Environment Agency. https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/emep-eea-guidebook-2019/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1-a-4-small-combustion/@@download/file

Leitner, S., Pelster, D. E., Owino, J., Marquardt, S., & Merbold, L. (2020). Protocol for generating region-specific Tier 2 emission factors for methane (CH4) and nitrous oxide (N2O) emissions from cattle manure. International Livestock Research Institute. https://hdl.handle.net/10568/108788

Mahecha, L., Gallego, L. A., & Peláez, F. J. (2002). Situación actual de la ganadería de carne en Colombia y alternativas para impulsar su competitividad y sostenibilidad. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 15(2), 213–225. https://doi.org/10.17533/UDEA.RCCP.323816

Marks, J., Lubetsky, J., Faerden, T., Steiner, B., Lindstad, T., Olsen, S., Tranell, G., Kojo, W., Firmento, M., Green, L., Kvande, H., Martchek, K., Rand, S., & Tripp, T. (2006). Capítulo 4: Emisiones de la industria de los metales. In 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 5: Waste (2006th ed., Vol. 3, 4). IPCC. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/3_Volume3/V3_4_Ch4_Metal_Industry.pdf

MinAgricultura. (2020). Proceso Productivo Carne de Res 2020 | PDF | Carne | Vacas. https://es.scribd.com/document/512328964/2020-12-30-Cifras-Sectoriales

Minambiente, Ideam, PNUD, & GEF. (2026). Taller de Sistemas MRV de acciones de mitigación. Fortaleciendo la transparencia climática de Colombia.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, & Ministerio de Comercio, I. y T. (2024). Resolución 0130 de 2024. In Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2024/08/RES.-0130-DE-07-FEB-2024-IMPORTACIONES-SUSTANCIAS-LISTAS-ANEXO-F-PROTOCOLO-MONDREAL-1.pdf

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, & Programa CALAC+. (2023a). Inventario Nacional de Fuentes Móviles Terrestres de uso Fuera de Carretera. https://www.minambiente.gov.co/

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2020). Actualización y consolidación de escenarios de emisiones de GEI por sector y evaluación de costos de abatimiento asociados en Colombia. https://www.minambiente.gov.co/

Ministerio de Comercio, I. y T. (2022). Dinámica de la economía colombiana en 2022 - Segundo informe. https://www.mincit.gov.co/getattachment/estudios-economicos/estadisticas-e-informes/informes-economicos/informes-macroeconomicos/2022/informe-economico-03/oee-av-informe-economico-segundo-informe-2022-sept-22.pdf.aspx

Ministerio de Comercio, I. y T. (2024). Dinámica de la economía en 2024 - Informe septiembre 2024. https://www.mincit.gov.co/getattachment/estudios-economicos/estadisticas-e-informes/informes-

economicos/informes-macroeconomicos/2024/informe-economico-02/oee-jcy-informe-economico-segundo-informe-2024.pdf.aspx

Ministerio de Minas y Energía. (2022). Resolución 40066 de 2022. https://www.minenergia.gov.co/

Ministerio de Minas y Energía. (2023a). Circular 026 de 2023. https://www.minenergia.gov.co/

Ministerio de Minas y Energía. (2023b). Resolución 40317 de 2023. https://www.minenergia.gov.co/

Ministerio de Minas y Energía. (2024a). Estructura de precios de los combustibles en las principales ciudades. Sistema de Información de Petróleo y Gas (SIPG). https://sipg.minenergia.gov.co/

Ministerio de Minas y Energía. (2024b). Sistema de Información de Combustibles (SICOM). Sistema de Información de Combustibles (SICOM). https://sicom.gov.co/

Ministerio de Transporte. (2021). Registro Único Nacional de Tránsito (RUNT). RUNT. https://www.runt.com.co/

Ministerio de Transporte. (2025, July 3). Transporte en cifras 2024. https://mintransporte.shinyapps.io/transporteencifrasapp2025/

Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio. (2015). Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS) 2015.

Moreno Q., H. W., Torres T., C. F., Gomez P., E. L., Manrique L., D. L., & Sánchez P., L. A. (2021). CÁLCULO DE FACTORES DE EMISIÓN DE METANO (CH4) ENTÉRICO Y DE GESTIÓN DE ESTIÉRCOL PARA GANADO BOVINO EN COLOMBIA POR METODOLOGÍA TIER 2. https://biocarbono.org/calculo-de-factores-de-emision-de-metano-ch4-enterico-y-de-gestion-de-estiercol-para-ganado-bovino-en-colombia-por-metodologia-tier-2/

Moreno Quitian, H. W., Torres Triana, C. F., Gómez Palencia, E. L., & Manrique Luna, D. L. (2021). Cálculo de factores de emisión de metano entérico y gestión de estiércol para ganado bovino en Colombia por metodología Tier 2. https://biocarbono.org/wp-content/uploads/2021/09/01-boletin-tecnico-factores-emision-metano-tier-2.pdf

Mosier, A. R. (1998). Soil processes and global change. Biology and Fertility of Soils, 27(3), 221–229. https://doi.org/10.1007/S003740050424/METRICS

Ntziachristis, L., & Boulter, P. (2019). 1.A.3.b.vi-vii Road tyre and brake wear. In EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019 (2019th ed., Vol. 1, 1.A.3.b.vi-vii). European Environmental Agency. https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/emep-eea-guidebook-2019/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1-a-3-b-vi/@@download/file

Ntziachristis, L., Samaras, Z., Kouridis, C., Christos, S., Hassel, D., Mellios, G., McCrae, I., & Hickman, J. (2021). 1.A.3.b.i-iv Road transport. In EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019 (2022nd ed., Vol. 1, 1.A.3.b.i-iv). European Environmental Agency. https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/emep-eea-guidebook-2019/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1-a-3-b-i/@@download/file

Olivier, J. G., Gaudioso, D., Gillenwater, M., Ha, C., Hockstad, L., Martinsen, T., Neelis, M., Simmons, T., Park, H., & Patel, M. (2006). Capítulo 5: Uso de productos no energéticos de combustibles y de solventes. In 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 5: Waste (2006th ed., Vol. 3, 5). IPCC. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/3_Volume3/V3_5_Ch5_Non_Energy_Products.pdf

Olugbemi, T. S., Ojo, O. T., Mohammed, T. I., & others. (2022). Investigation of physicochemical characteristics of selected biomass samples for energy applications. Scientific Reports, 12, 2977. https://doi.org/10.1038/s41598-022-07061-2

Ortiz Roldan, A. V., & Soto Rojas, Á. J. (2024). Cómo hacer de los caballos una empresa y no un hobbie. https://doi.org/10.48713/10336_42198

Peña Suárez, M., Hernando, H., Flórez, H., Gissella, I., Mojica, Q., Francisco Martínez, J., María, R., Bermúdez, A., Olga, R., González González, V., Adriana, R., Contreras, N., Alberto, W., Moreno, M., Fernando, D., Quete, R., Alexander, J., Cardozo, S., Flechas, L., … Cerón, O. (2025). Plan Energético Nacional 2024 - 2054 Tomo I. https://docs.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/PEN_2024_2054/PDF1_PEN_2024-2054_Tomo_I.pdf

Pertuz M., A. P., & Elías C., J. E. (2019). Competitividad en el sector ganadero en Colombia : enfoque desde la historiografía económica, social y empresarial. Panorama Económico, 27(2), 453–480. https://doi.org/10.32997/2463-0470-VOL.27-NUM.2-2019-2637

Pineda Pardo, L. A., Cárdenas Domínguez, R. F., Galván Gómez, M., Cortés Caro, M. A., Aranguren Niño, L. M., & Vanegas Parra, V. (2025). Protocolo Maestro del Sistema de Monitoreo Reporte y Verificación de acciones de mitigación a nivel nacional.

Plöger, F., Schwarz, W., Thesen, S., Preisegger, E., Ajavon, A.-L. N., Zhou, D., & Harper, N. (2006). Capítulo 8: Manufactura y utilización de otros productos. In 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.

Volume 5: Waste (2006th ed., Vol. 3, 8). IPCC. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/3_Volume3/V3_8_Ch8_Other_Product.pdf

Porkcolombia. (2026a). Estadísticas sectoriales. https://porkcolombia.co/estadisticas-sectoriales/

Porkcolombia. (2026b). Grandes desafíos, retos y la importancia del crecimiento ordenado de la producción, Economía porcícola colombiana 2025. Porkcolombia, (286).

Ren, B., Huang, Z., Liu, P., Zhao, B., & Zhang, J. (2023). Urea ammonium nitrate solution combined with urease and nitrification inhibitors jointly mitigate NH3 and N2O emissions and improves nitrogen efficiency of summer maize under fertigation. Field Crops Research, 296, 108909. https://doi.org/10.1016/J.FCR.2023.108909

Rodríguez, J. C., Daza C., N. E., Toro C., W., Zafra P., Y., Guerreo C., G. H., González, F. A., Ramos, H., Casas, Z., & Castellanos, J. G. (2011). Agenda prospectiva de investigación y desarrollo tecnológico para la cadena cárnica porcina. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural - MADR. http://hdl.handle.net/20.500.12324/12685

Schutz, H., Holzapfel-Pschorn, A., Conrad, R., Rennenberg, H., & Seiler, W. (1989). A 3-year continuous record on the influence of daytime, season, and fertilizer treatment on methane emission rates from an Italian rice paddy. Journal of Geophysical Research, 94(D13), 16405–16416. https://doi.org/10.1029/JD094ID13P16405;WEBSITE:WEBSITE:AGUPUBS;JOURNAL:JOURNAL:21562202D;ISSUE:ISSUE:DOI

Sjögersten, S., de la Barreda-Bautista, B., Brown, C., Boyd, D., Lopez-Rosas, H., Hernández, E., Monroy, R., Rincón, M., Vane, C., Moss-Hayes, V., Gallardo-Cruz, J. A., Infante-Mata, D., Hoyos-Santillan, J., Vidal Solórzano, J., Peralta-Carreta, C., & Moreno-Casasola, P. (2021). Coastal wetland ecosystems deliver large carbon stocks in tropical Mexico. Geoderma, 403, 115173. https://doi.org/10.1016/J.GEODERMA.2021.115173

Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD). (2025a). Operación Estadística Estado de la Disposición Final en Colombia. Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios.

Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD). (2025b). Operación Estadística Estado de la Disposición Final en Colombia. Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios.

Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD). (2025c). Sistema Único de Información (SUI): Servicio Público de Aseo. SSPD.

Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. (2023). Conjunto de datos abiertos de Zonas No Interconectadas (ZNI): Informe del estado de la prestación del servicio de energía. https://www.datos.gov.co/Minas-y-Energ-a/

Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. (2024). Reporte de indicadores del servicio de energía en Zonas No Interconectadas. Superservicios. https://wa-reportsui.azurewebsites.net/home/report/d7a0c48f-e0eb-4b97-9e7c-b28c26c141b1

Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. (2024a). Sistema Único de Información (SUI): Reportes técnicos de alcantarillado y sistemas de tratamiento de aguas residuales. https://www.superservicios.gov.co/

Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. (2024b). Sistema Único de Información (SUI): Reportes técnicos de alcantarillado y sistemas de tratamiento de aguas residuales. https://www.superservicios.gov.co/

Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. (2025a). Informe Nacional de Coberturas de los Servicios Públicos de Acueducto, Alcantarillado y Aseo. Vigencia 2024 (Number Edición No. 5).

Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. (2025b). Informe Nacional de Coberturas de los Servicios Públicos de Acueducto, Alcantarillado y Aseo. Vigencia 2024 (Number Edición No. 5).

Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. (2025c). Informe Nacional de Disposición Final de Residuos Sólidos en Colombia en el Año 2024.

Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. (2025d). Informe Nacional de Disposición Final de Residuos Sólidos en Colombia en el Año 2024.

Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. (2025e). Informe Sectorial de los Servicios Públicos Domiciliarios de Acueducto y Alcantarillado. Vigencia 2024.

Takai, Y. (1970). The mechanism of methane fermentation in flooded paddy soil. Soil Science and Plant Nutrition, 16(6), 238–244. https://doi.org/10.1080/00380768.1970.10433371

Trozzi, C., Kuenen, J., Nielsen, O.-K., Rentz, O., Oertel, D., Woodfield, M., & Stewart, R. (2019). 1.A.2 Manufacturing industries and construction. In EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019 (2019th ed., Vol. 1, 1.A.2). European Environment Agency. https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/emep-eea-guidebook-2019/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1-a-2-manufacturing-industries/@@download/file

Trozzi, C., Nielsen, O.-K., Plejdrup, M., Rentz, O., Oertel, D., Woodfield, M., & Stewart, R. (2019). 1.A.1 Energy industries S. In EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019 (2019th ed., Vol. 1, 1.A.1). European Environment Agency. https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/emep-eea-guidebook-2019/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1-a-1-energy-industries/@@download/file

Trozzi, C., Plejdrup, M., Berdowski, J., Verhoeve, P., Veldt, C., Pacyna, J. M., Jones, H., Rentz, O., Oertel Dagmar, & Woodfield, M. (2019). 1.B.1.b Fugitive emissions from solid fuels. In EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019 (2019th ed., Vol. 1, 1.B.1.b). European Envirionment Agency. https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/emep-eea-guidebook-2019/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-b-fugitives/1-b-1-b-fugitive/@@download/file

Trozzi, C., Plejdrup, M., Fudala, J., Cenowski, M., Richardson, S., & Woodfield, M. (2019). 1.B.1.a Fugitive emissions from solid fuels: coal mining and handling. In EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019 (2019th ed., 1.B.1.a). European Environment Agency. https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/emep-eea-guidebook-2019/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-b-fugitives/1-b-1-a-fugitive/@@download/file

Trujillo-Diaz, J., Diaz-Piraquive, F. N., Herrera, M. M., Gomez, J., Rodriguez, J. A., & Sarmiento, H. R. (2019). Design of theoretical dimensions for a knowledge management model applied to the Colombian Swine Industry. 2019 Congreso Internacional de Innovacion y Tendencias En Ingenieria, CONIITI 2019 - Conference Proceedings. https://doi.org/10.1109/CONIITI48476.2019.8960785

UNFCCC, U. N. F. C. on C. C. (2024). Decision 18/CMA.1. Modalities, Procedures and Guidelines for the Enhanced Transparency Framework under Article 13 of the Paris Agreement. https://unfccc.int

UNFCCC, U. N. F. C. on C. C. (2024a). Common Reporting Tables (CRT) for the Enhanced Transparency Framework. UNFCCC.

UNFCCC, U. N. F. C. on C. C. (2024b). Modalities, Procedures and Guidelines for the Enhanced Transparency Framework. UNFCCC.

Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil. (2024a). Operación estadística de transporte aéreo. Aeronáutica Civil (Aerocivil). https://www.aerocivil.gov.co/

Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil. (2024b). Operación estadística de transporte aéreo. Aeronáutica Civil (Aerocivil). https://www.aerocivil.gov.co/

Unidad de Planeación Minero Energética (UPME). (2024). Proyección de la demanda de Energía eléctrica y Potencia máxima 2024 - 2038. https://docs.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/Proyeccion_demanda_energia_electrica_y_potencia_maxima_rev_jul2024.pdf

Unidad de Planeación Minero Energética (UPME). (2025). Balance Energético Colombiano BECO, Revisión 2023 - Preliminar 2024. https://docs.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/Beco/Presentacion_BECO_2024.pdf

Unidad de Planeación Minero Energética (UPME). (2026). SIMCO - Sistema de Información Minero Colombiano. Balance Minero Colombiano. https://www.upme.gov.co/simco/balance-minero-colombiano/

Unidad de Planeación Minero Energética (UPME). (2026). SIMCO - Sistema de Información Minero Colombiano. Balance Minero Colombiano. https://www.upme.gov.co/simco/balance-minero-colombiano/

Unidad de Planeación Minero Energética, & Servicio Geológico Colombiano. (2016). Estudio de factores de emisión para emisiones fugitivas. https://www1.upme.gov.co/

Unidad de Planeación Minero Energética. (2023). Indicador nacional de consumo de leña per cápita (PERS). Unidad de Planeación Minero Energética (UPME). https://www1.upme.gov.co/

Unidad de Planeación Minero Energética. (2024). Sistema de Información Minero Colombiano (SIMCO). Sistema de Información Minero Colombiano (SIMCO). https://www.simco.gov.co/

Unidad de Planeación Minero Energética. (2024). Sistema de Información Minero Colombiano (SIMCO). Sistema de Información Minero Colombiano (SIMCO). https://www.simco.gov.co/

United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). (2018). Decision 18/CMA.1: Modalities, Procedures and Guidelines for the Transparency Framework for Action and Support Referred to in Article 13 of the Paris Agreement (Number 18/CMA.1). https://unfccc.int/resource/tet/0/00mpg.pdf

United States Environmental Protection Agency (EPA). (1995). AP-42, Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Volume I: Stationary Point and Area Sources. Chapter 2.5: Open Burning. https://www.epa.gov/sites/production/files/2020-10/documents/c02s05.pdf

United States Environmental Protection Agency (U.S. EPA). (2010a). Colombia Landfill Gas Model v.1.

United States Environmental Protection Agency (U.S. EPA). (2010b). Colombia Landfill Gas Model v.1.

UPRA. (2021). Plan de ordenamiento productivo para la cadena cárnica bovina en Colombia. https://upra.gov.co/sites/default/files/2025-04/20220405_POP_CadenaCarnicaBovina_VF_0.pdf

UPRA. (2025). Análisis situacional Plan de Ordenamiento Productivo de la Cadena Productiva Ovino Caprina. www.upra.gov.co

UPRA. (2026). Evaluaciones Agropecuarias Municipales - EVA | UPRA. https://upra.gov.co/es-co/eva

Vandromme, N., Taïeb, N., Vincent, J., & Allemand, N. (2019). 2.A.5.a Quarrying and mining of minerals other than coal Quarrying and mining of minerals other than coal. In EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019 (2019th ed., Vol. 2, 2.A.5.a). European Environment Agency. https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/emep-eea-guidebook-2019/part-b-sectoral-guidance-chapters/2-industrial-processes/2-a-mineral-products/2-a-5-a-quarrying/@@download/file

Viloria de la Hoz, J. (2005). Aspectos económicos de la ganadería en el departamento de Córdoba. Economía & Región, 2(1), 87–123. https://revistas.utb.edu.co/economiayregion/article/view/330

Watanabe, A., & Kimura, M. (1999). Influence of chemical properties of soils on methane emission from rice paddies. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 30(17–18), 2449–2463. https://doi.org/10.1080/00103629909370386

WBCSD. (2011). The Cement CO2 and Energy Protocol - CO2 and Energy Accounting and Reporting Standard for the Cement Industry (World Business Council for Sustainable Development, Ed.; 3rd ed.). World Business Council for Sustainable Development. https://docs.wbcsd.org/2011/05/CSI-CO2-Protocol.pdf

Webb, J., Hutchings, N., Amon, B., Nielsen, O.-K., Phillips, R., & Dämmgen, U. (2023). EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023. 3.F Field burning of agricultural residues. http://webdab.emep.int

Winther, M., & Dore, C. (2019). 1.A.4 Non road mobile machinery. In EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019 (2019th ed., Vol. 1, 1.A.4). European Environment Agency. https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/emep-eea-guidebook-2019/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1-a-4-non-road-1/@@download/file

Winther, M., Rypdal, K., Sorensen, L., Kalivoda, M., Bukovnik, M., Kilde, N., De Lauretis, R., Falk, R., Romano, D., Deransy, R., Box, L., Carbo, L., Torres Meana, N., & Whiteley, M. (2019). 1.A.3.a Aviation. In EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019 (2019th ed., Vol. 1, 1.A.3.a). European Environmental Agency. https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/emep-eea-guidebook-2019/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1-a-3-a-aviation/@@download/file

World Bank. (2026a). Crecimiento del PIB (% anual) - Colombia. World Bank Data. https://datos.bancomundial.org/indicador/NY.GDP.MKTP.KD.ZG?locations=CO

World Bank. (2026b). DataBank - SF6 gas emissions. European Commission, Joint Research Centre (JRC)/Netherlands Environmental Assessment Agency (PBL). Emission Database for Global Atmospheric Research (EDGAR): Http://Edgar.Jrc.Ec.Europa.Eu/. https://databank.worldbank.org/metadataglossary/world-development-indicators/series/EN.ATM.SF6G.KT.CE

World Steel Association. (2024). World Steel Statistics: Crude Steel Production Data for Colombia. World Steel Association.

World Steel Association. (2026, May). Steel Data Viewer. Steel Production. https://worldsteel.org/data/steel-data-viewer/

XM S.A. E.S.P. (2024). Históricos de combustible del Sistema Interconectado Nacional. SINERGOX - XM. https://sinergox.xm.com.co/oferta/Paginas/Historicos/Historicos.aspx

XM. (2024). Reporte integral de sostenibilidad, operación y mercado. https://online.fliphtml5.com/aatse/xiuu/#p=1

XM. (2025). Comunicados. https://www.xm.com.co/noticias/7504-en-2024-la-demanda-de-energia-en-colombia-aumento-23-en-comparacion-con-el-ano

Xun, Z., Xu, T., Ren, B., Zhao, X., Quan, Z., Bai, L., & Fang, Y. (2022). Nitrogen Fertilization of Lawns Enhanced Soil Nitrous Oxide Emissions by Increasing Autotrophic Nitrification. Frontiers in Environmental Science, 10, 943920. https://doi.org/10.3389/FENVS.2022.943920/TEXT

Yagi, K., Tsuruta, H., & Minami, K. (1997). Possible options for mitigating methane emission from rice cultivation. Nutrient Cycling in Agroecosystems 1997 49:1, 49(1), 213–220. https://doi.org/10.1023/A:1009743909716

Zuluaga, A. F., & Etter, A. (2018). Áreas aptas para la actividad ganadera en Colombia | Biodiversidad 2017. https://reporte.humboldt.org.co/biodiversidad/2017/cap4/403/

Ambiente

IDEAM

SOMOS CLIMA

Financiado por

gef

Implementado por

Gobierno de Colombia

Fundación Natura Colombia

PNUD