




**Generación de conocimiento e investigación**

**Guía metodológica de la elaboración de los escenarios  
de cambio climático de la Cuarta Comunicación  
Nacional de Cambio Climático de Colombia**


**Código:** GCI-G004  
**Versión:** 01  
**Fecha:** 25/03/2026

**Guía metodológica de la elaboración de los escenarios de cambio  
climático de la Cuarta Comunicación Nacional de Cambio Climático de  
Colombia**

	<b>Generación de conocimiento e investigación</b> <b>Guía metodológica de la elaboración de los escenarios de cambio climático de la Cuarta Comunicación Nacional de Cambio Climático de Colombia</b>	<b>Código:</b> GCI-G004 <b>Versión:</b> 01 <b>Fecha:</b> 25/03/2026
---	--	---

## CONTENIDO

Listado de figuras .....	3
Listado de tablas .....	5
1. Introducción .....	6
2. Contexto general .....	7
Escenarios del Quinto Reporte de Evaluación (AR5) .....	8
Escenarios del Sexto Reporte de Evaluación (AR6).....	10
Modelos Climáticos Globales .....	14
Proyectos de Intercomparación de Modelos Acoplados (CMIPs) .....	15
Características principales de los modelos del CMIP5 y CMIP6 .....	17
3. Metodología .....	19
Información observada utilizada.....	20
Modelos Climáticos Globales seleccionados .....	30
Reducción de escala estadística .....	33
Evaluación del comportamiento de los modelos climáticos globales para Colombia .....	35
4. Insumos de información generados .....	52
5. Aspectos para tener en cuenta .....	53
6. Bibliografía .....	55
7. Control de cambios .....	56

	<b>Generación de conocimiento e investigación</b> <b>Guía metodológica de la elaboración de los escenarios de cambio climático de la Cuarta Comunicación Nacional de Cambio Climático de Colombia</b>	<b>Código:</b> GCI-G004 <b>Versión:</b> 01 <b>Fecha:</b> 25/03/2026
---	--	---

### Listado de figuras

Figura 1. Escenarios de Cambio Climático del Quinto Reporte de Evaluación (AR5) del IPCC: Vías Representativas de Concentraciones (RCP). .....	10
Figura 2. Escenarios de Cambio Climático del Sexto Reporte de Evaluación (AR6) del IPCC: Vías Socioeconómicas Compartidas (SSP). .....	13
Figura 3. Diagrama general de algunos de los procesos que simulan los Modelos Climáticos Globales.....	14
Figura 4. Simulaciones realizadas en el CMIP5, como parte del Quinto Reporte de Evaluación (AR5) del IPCC. ....	15
Figura 5. Simulaciones realizadas en el CMIP6, como parte del Sexto Reporte de Evaluación (AR6) del IPCC. ....	16
Figura 6. Estaciones seleccionadas con datos suficientes de precipitación en el periodo 1981-2020. ....	23
Figura 7. Estaciones seleccionadas con datos suficientes de temperatura media en el periodo 1981-2020. ....	24
Figura 8. Estaciones seleccionadas con datos suficientes de temperatura máxima en el periodo 1981-2020. ....	25
Figura 9. Estaciones seleccionadas con datos suficientes de temperatura mínima en el periodo 1981-2020. ....	26
Figura 10. Distribución espacial de los 9585 pixeles con datos diarios de precipitación y temperaturas media, máxima y mínima del Cubo de Datos, para el periodo 1981-2020.....	27
Figura 11. Distribución espacial de los 9508 pixeles con datos diarios de humedad relativa, para el periodo 1981-2020.....	28
Figura 12. Distribución espacial de los 1580 pixeles con datos diarios de radiación y velocidad del viento, para el periodo 1981-2020.....	29
Figura 13. Distribución espacial de las 14 regiones pluviométricamente homogéneas generadas actualmente por el IDEAM.....	39


	<b>Generación de conocimiento e investigación</b> <b>Guía metodológica de la elaboración de los escenarios de cambio climático de la Cuarta Comunicación Nacional de Cambio Climático de Colombia</b>	<b>Código:</b> GCI-G004 <b>Versión:</b> 01 <b>Fecha:</b> 25/03/2026
---	--	---

Figura 14. Niveles de correlación de la precipitación de los 25 modelos climáticos globales para Colombia, en comparación con los datos del periodo 1981-2014 del Cubo de Datos. .... 42

Figura 15. Niveles de correlación de la temperatura media de los 25 modelos climáticos globales para Colombia, en comparación con los datos del periodo 1981-2014 del Cubo de Datos. .... 43

Figura 16. Niveles de correlación de la temperatura máxima de los 25 modelos climáticos globales para Colombia, en comparación con los datos del periodo 1981-2014 del Cubo de Datos. .... 44

Figura 17. Niveles de correlación de la temperatura mínima de los 25 modelos climáticos globales para Colombia, en comparación con los datos del periodo 1981-2014 del Cubo de Datos. .... 45

Figura 18. 14 regiones pluviométricamente homogéneas con niveles de correlación igual o superior a los umbrales definidos por el test T de Student para precipitación, de los 25 modelos climáticos globales para Colombia en comparación con los datos del periodo 1981-2014 del Cubo de Datos. .... 46

Figura 19. 14 regiones pluviométricamente homogéneas con niveles de correlación igual o superior a los umbrales definidos por el test T de Student para temperatura media, de los 25 modelos climáticos globales para Colombia en comparación con los datos del periodo 1981-2014 del Cubo de Datos. .... 47

Figura 20. 14 regiones pluviométricamente homogéneas con niveles de correlación igual o superior a los umbrales definidos por el test T de Student para temperatura máxima, de los 25 modelos climáticos globales para Colombia en comparación con los datos del periodo 1981-2014 del Cubo de Datos. .... 48

Figura 21. 14 regiones pluviométricamente homogéneas con niveles de correlación igual o superior a los umbrales definidos por el test T de Student para temperatura mínima, de los 25 modelos climáticos globales para Colombia en comparación con los datos del periodo 1981-2014 del Cubo de Datos. .... 49

**Listado de tablas**


Tabla 1. Escenarios de cambio climático definidos en el AR5. ....9

Tabla 2. Listado de modelos del CMIP5 utilizados en la Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático de Colombia..... 17

Tabla 3. Listado de algunos de los modelos del CMIP6 disponibles. .... 19

Tabla 4. Listado de modelos disponibles del CMIP6 en el proyecto NASA NEX-GDDP..... 31

Tabla 5. Generalidades del método de reducción de escala estadística Delta Q-Q (*Delta Quantile- Quantile Mapping*), utilizado para la generación de las series de los escenarios climáticos. .... 34


	<b>Generación de conocimiento e investigación</b> <b>Guía metodológica de la elaboración de los escenarios de cambio climático de la Cuarta Comunicación Nacional de Cambio Climático de Colombia</b>	<b>Código:</b> GCI-G004 <b>Versión:</b> 01 <b>Fecha:</b> 25/03/2026
---	--	---

## 1. Introducción

El cambio climático ha sido reconocido como un desafío para el desarrollo de los países y el bienestar de ecosistemas y sociedades. Según el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) producen el aumento de la temperatura media a nivel global, lo cual altera el sistema climático y ocasiona impactos tales como el aumento del nivel del mar, cambios en los patrones de la precipitación y una mayor intensidad y frecuencia de los eventos extremos de origen climático (IPCC, 2014).

En este contexto, para poder entender cómo podrían cambiar las variables climáticas bajo distintos niveles de concentración de gases de efecto invernadero de origen antropogénico, se hace necesario el uso de escenarios. Éstos se entienden como descripciones coherentes, internamente consistentes y convincentes de un posible estado futuro del mundo, y en este caso, del clima (IDEAM, PNUD, MADS, DNP, & CANCELLERÍA, 2015). Los escenarios no deben asumirse como pronósticos o predicciones, cada escenario es una imagen alternativa de cómo el futuro puede mostrarse bajo determinadas condiciones en un tiempo dado. Por lo general se utiliza un conjunto de ellos con el fin de mostrar, de la mejor manera posible, el rango de incertidumbre en las proyecciones climáticas.

Bajo el objetivo principal del proyecto de fortalecer las capacidades técnicas de Colombia para monitorear, reportar y verificar (MRV) las emisiones y remociones antropogénicas de gases de efecto invernadero (GEI) a escala nacional de una manera que optimice los mecanismos de transparencia del país bajo la CMNUCC y la Acuerdo de París, se requieren fortalecer las capacidades del país para desarrollar los Informes Bienales de Transparencia (BTR) que incorporen información respecto a impactos del cambio climático y adaptación y los avances en la implementación de la NDC del país (tanto metas de mitigación, como metas de adaptación).

	<b>Generación de conocimiento e investigación</b> <b>Guía metodológica de la elaboración de los escenarios de cambio climático de la Cuarta Comunicación Nacional de Cambio Climático de Colombia</b>	<b>Código:</b> GCI-G004 <b>Versión:</b> 01 <b>Fecha:</b> 25/03/2026
---	--	---


Los escenarios de cambio climático dentro de los BTR son claves porque, de acuerdo a lo mencionado en la actualización de la NDC, se debe buscar la coherencia entre los diferentes instrumentos usados para comunicar, reportar y planificar la adaptación en Colombia (Comunicación en adaptación (CA), Comunicación Nacional (CNCC) – Reporte Bienal de Transparencia (BTR) – Plan Nacional de Adaptación (PNACC)), con el fin de que contribuyan a la gestión efectiva en la materia a través de la planificación, aplicación y comunicación de acciones.

Teniendo en cuenta todo lo anterior, desde el IDEAM y el proyecto CBIT se realizó la elaboración de escenarios de cambio climático para articular la información de los BTR con los instrumentos anteriormente presentados, y porque, para reportar el estado del riesgo por cambio climático en la información de adaptación en estos reportes, se requerirán los informes del Sistema Integrador de Información sobre Vulnerabilidad Riesgo y Adaptación (SIIVRA), cuyos indicadores de amenaza utilizan los escenarios de cambio climático como eje central.

Los escenarios de cambio climático de la Cuarta Comunicación Nacional de Colombia fueron lanzados en la COP16 de octubre de 2024, y a continuación, se presenta la metodología utilizada para su elaboración, describiendo algunos aspectos generales previos, así como los insumos generados para los diferentes usuarios.

## **2. Contexto general**

Un escenario de cambio climático es una descripción coherente, internamente consistente y convincente de un posible estado futuro del clima. Como tal los escenarios no deben asumirse como pronósticos o predicciones, sino como una imagen alternativa de cómo el futuro puede mostrarse bajo determinadas condiciones en un tiempo dado. Por lo general, se utiliza un conjunto de ellos con el fin de mostrar, de la mejor manera posible, el rango de incertidumbre en las proyecciones climáticas ante diferentes combinaciones de condiciones económicas, medioambientales, de crecimiento poblacional, políticas, entre otras (IDEAM, PNUD, MADS, DNP, & CANCELLERÍA, 2015).

	<p align="center"><b>Generación de conocimiento e investigación</b></p> <p align="center"><b>Guía metodológica de la elaboración de los escenarios de cambio climático de la Cuarta Comunicación Nacional de Cambio Climático de Colombia</b></p>	<p><b>Código:</b> GCI-G004  <b>Versión:</b> 01  <b>Fecha:</b> 25/03/2026</p>
---	---	--

Como parte de las actividades necesarias para la elaboración de los nuevos escenarios de cambio climático para la Cuarta Comunicación Nacional, primero se revisaron los que ya existen a nivel global, y cuáles de ellos son los que se han utilizado por varios países en los últimos años en sus documentos oficiales. A continuación, se presenta el contexto de los dos últimos conjuntos de escenarios de los Reportes de Evaluación más recientes del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, *Intergovernmental Panel on Climate Change*), los cuales son el Quinto (AR5) y Sexto (AR6), y se presentan las principales características de los modelos climáticos globales utilizados en ambos reportes para generar las proyecciones de cambio climático.

### **Escenarios del Quinto Reporte de Evaluación (AR5)**

Entre los años 2008 y 2016, en el Quinto Reporte de Evaluación (AR5) del IPCC se utilizaron los escenarios definidos como “Vías Representativas de Concentraciones” o RCP (*Representative Concentration Pathways*, por sus siglas en inglés) (Tabla 1). Estos escenarios, en términos generales, definen los niveles de concentraciones de CO<sub>2</sub> equivalente que se tendrían hacia el año 2100, y con base en estos niveles y a partir de este año de referencia se mira hacia atrás los diferentes supuestos económicos, sociales, medioambientales, etc., que podrían llevar a esos niveles de concentración. Entre los supuestos que se tienen en cuenta para los escenarios están: desarrollos tecnológicos, uso de combustibles fósiles, energías renovables, políticas ambientales, medidas de adaptación y mitigación, control del crecimiento de la población, modelos económicos globales o regionales, entre otros.



**Generación de conocimiento e investigación**  
**Guía metodológica de la elaboración de los escenarios de cambio climático de la Cuarta Comunicación Nacional de Cambio Climático de Colombia**

**Código:** GCI-G004  
**Versión:** 01  
**Fecha:** 25/03/2026

*Tabla 1. Escenarios de cambio climático definidos en el AR5.*

Nombre	Forzamiento radiativo <sup>1</sup>	Concentración <sup>2</sup>	Forma del itinerario
VCR8.5	>8,5 W/m <sup>2</sup> en 2100	> ~1370 CO <sub>2</sub> -eq en 2100	En aumento
VCR6	Estabilización en ~6 W/m <sup>2</sup> a partir de 2100	~850 CO <sub>2</sub> -eq (estabilización, a partir de 2100)	Estabilización sin translimitaciones
VCR4.5	Estabilización en ~4.5 W/m <sup>2</sup> a partir de 2100	~650 CO <sub>2</sub> -eq (estabilización, a partir de 2100)	Estabilización sin translimitaciones
VCR3-CD <sup>3</sup>	Máximo a ~3W/m <sup>2</sup> antes de 2100; disminución posterior	Máximo a ~490 CO <sub>2</sub> -eq antes de 2100; disminución posterior	Culminación seguida de disminución

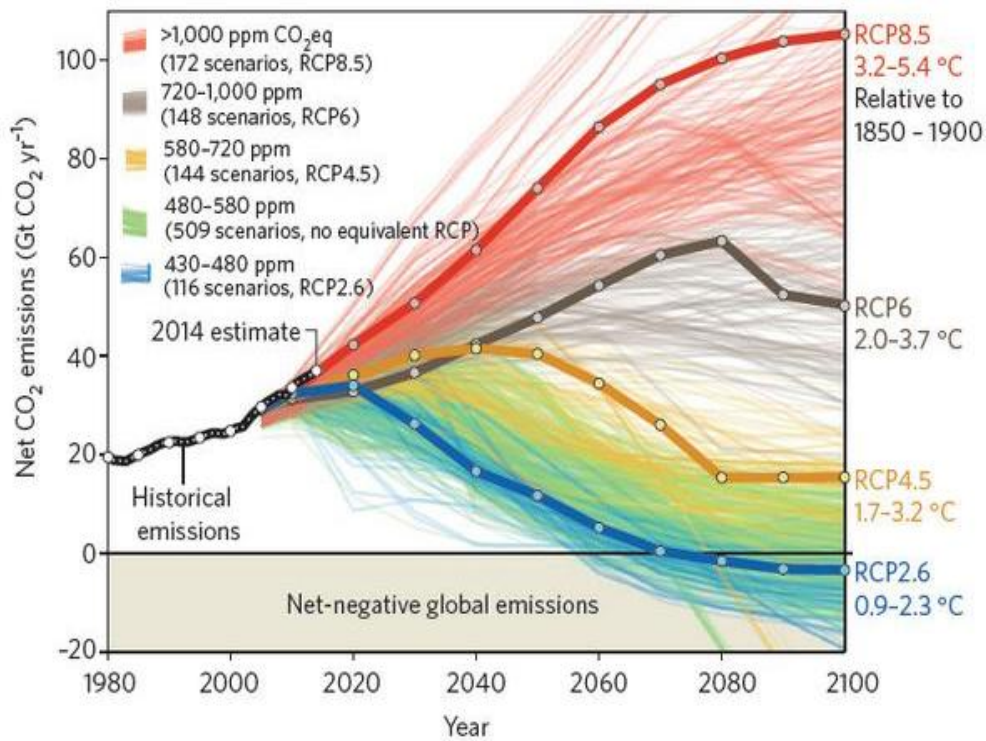
Fuente: IPCC (2014). Quinto Reporte de Evaluación

De acuerdo con estos supuestos y a las simulaciones realizadas con base en ellos, se definen 4 escenarios (Figura 1). El primer escenario (RCP 2.6) es considerado un escenario "optimista", dado que el nivel máximo de concentraciones de CO<sub>2</sub> equivalente que se tendría según este escenario no sobrepasaría las 400 partes por millón (ppm), se llegaría a su valor máximo aproximadamente en el año 2020 y desde ese año se adoptan medidas fuertes, efectivas y duraderas para la reducción de las emisiones, llevando a que con el paso del siglo XXI éstas lleguen a reducirse a un valor cercano a 0 hacia el año 2100. Los demás escenarios presentan un comportamiento de transición de las emisiones similar, sólo que con un mayor valor tope de concentraciones de CO<sub>2</sub> equivalente y que se daría en otros años dentro del siglo XXI. El RCP 4.5 presenta un valor tope aproximado de 480 ppm hacia el año 2050, y desde este periodo se tomarían acciones, medidas y políticas que harían que se reduzcan hasta un valor fijo en el año 2080, y estabilizándose en este valor a partir de este año. Por otra parte, en el RCP 6.0 el tope de las emisiones sería de 600 ppm aproximadamente y se daría hacia el año 2080, y desde allí empezarían a reducirse por las diferentes acciones y medidas que se tomen. El último escenario (RCP 8.5), es considerado como un escenario "pesimista", ya que no sólo el tope de las emisiones se daría después del año 2100 y con valores superiores a las 1000

ppm, sino que la tendencia de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente es a incrementarse en una tasa muy alta a medida que transcurre el siglo XXI.

*Figura 1. Escenarios de Cambio Climático del Quinto Reporte de Evaluación (AR5) del IPCC:*


*Vías Representativas de Concentraciones (RCP).*



*Fuente: (IPCC, 2012)*

**Escenarios del Sexto Reporte de Evaluación (AR6)**

Para el Sexto Reporte de Evaluación (AR6), se tiene un nuevo conjunto de escenarios, denominados SSP (*Socioeconomic Shared Pathways*), los cuales se agrupan según los desafíos económicos y sociales que se darían para la adaptación y la mitigación al cambio climático. Los SSP se diseñaron para trabajar en combinación con una versión actualizada de los RCP. Los nuevos RCP definen los forzamientos radiativos estabilizados (la diferencia entre la radiación

	<b>Generación de conocimiento e investigación</b> <b>Guía metodológica de la elaboración de los escenarios de cambio climático de la Cuarta Comunicación Nacional de Cambio Climático de Colombia</b>	<b>Código:</b> GCI-G004 <b>Versión:</b> 01 <b>Fecha:</b> 25/03/2026
---	--	---

solar entrante del sol y la energía saliente radiada de regreso al espacio por la Tierra) al final del siglo y, por lo tanto, el nivel de política de cambio climático requerido para que un SSP en particular alcance dicho forzamiento. Si bien los SSP definen los desarrollos globales y el estado del mundo, también reflejan la dificultad y el éxito asociado o los desafíos de implementar cualquier política global o estrategia de mitigación o adaptación.

Se desarrollaron 5 escenarios SSP (Figura 2), los cuales se identifican como SSP1 a SSP5, y poseen las siguientes características principales:

- *SSP1. Sostenibilidad (bajos desafíos para la mitigación y adaptación)*
  - Cambio gradual pero persistente a un camino sustentable ambientalmente
  - Altas inversiones en educación y salud
  - Enfoque económico hacia el bienestar de la humanidad
  - Reducción de la desigualdad
  
- *SSP2. A la mitad del camino (desafíos medianos para la mitigación y la adaptación)*
  - Desarrollos sociales, económicos y tecnológicos siguen la tendencia actual
  - Diferentes niveles de desarrollo y mejora económica por país
  - Pocos progresos en alcanzar metas de desarrollo sostenible
  - Se mantiene la desigualdad en la mayor parte del planeta
  
- *SSP3. Rivalidad regional - Un camino rocoso (grandes desafíos para la mitigación y la adaptación)*
  - Resurgen los nacionalismos, y aumentan los conflictos regionales
  - Enfoques de desarrollos individuales
  - Decaen las inversiones en educación y desarrollo tecnológico
  - Se mantiene o aumenta la desigualdad



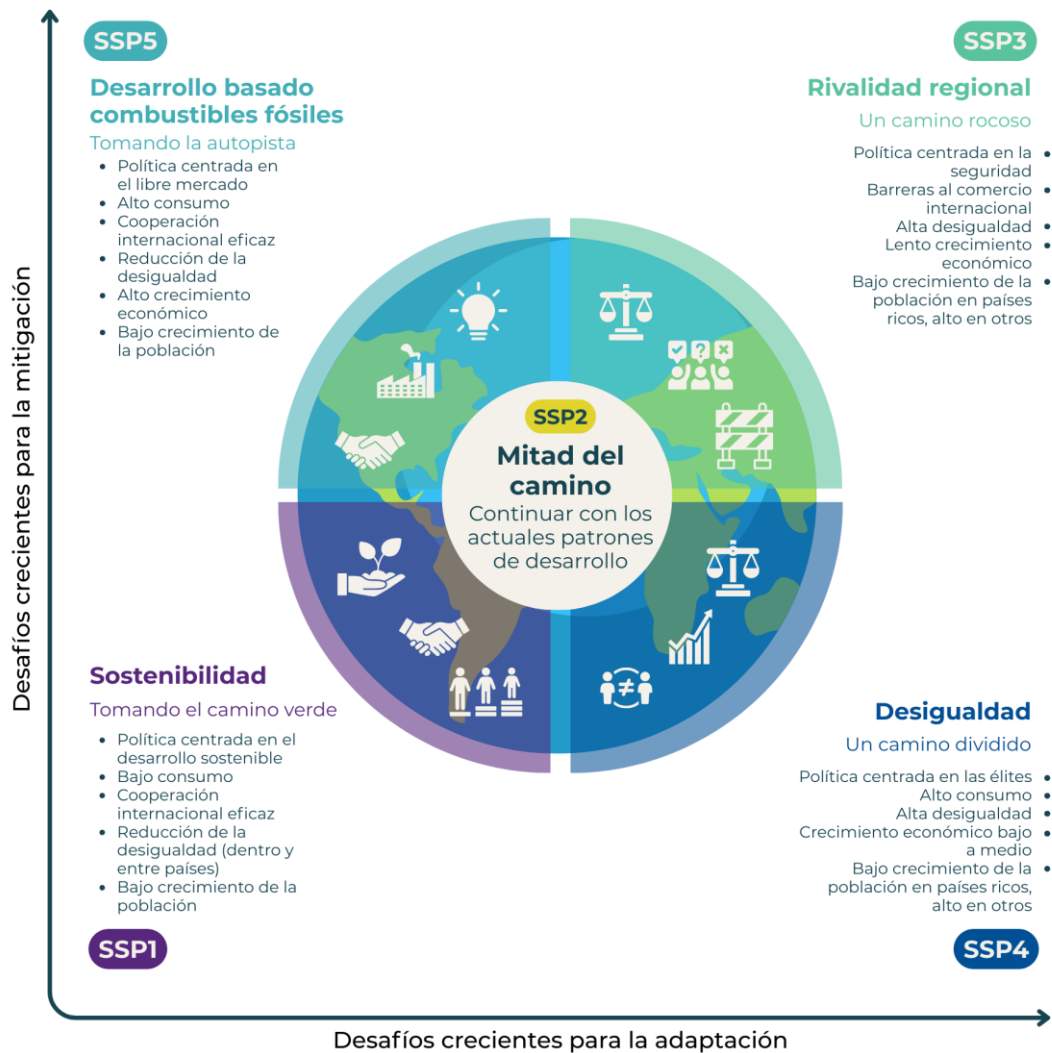
## Generación de conocimiento e investigación

### Guía metodológica de la elaboración de los escenarios de cambio climático de la Cuarta Comunicación Nacional de Cambio Climático de Colombia

**Código:** GCI-G004  
**Versión:** 01  
**Fecha:** 25/03/2026

- *SSP4. Desigualdad: un camino dividido (bajos desafíos para la mitigación, altos desafíos para la adaptación)*
  - Altas desigualdades tanto económicas como políticas
  - Mayores brechas sociales entre ricos y pobres
  - Altos desarrollos tecnológicos en los países desarrollados
  - Medidas ambientales enfocadas en aspectos locales de las clases media y alta
  
- *SSP5. Desarrollo impulsado por combustibles fósiles - Tomando la carretera (grandes desafíos para la mitigación, bajos desafíos para la adaptación)*
  - Una mayor “fe” en una menor desigualdad y desarrollo amigable con el ambiente
  - Altas inversiones en salud, educación y metas sociales
  - Desarrollos económicos altos enfocados en uso de intensivo de combustibles fósiles
  - Los problemas ambientales ya se manejan en formas “satisfactorias”

Figura 2. Escenarios de Cambio Climático del Sexto Reporte de Evaluación (AR6) del IPCC: Vías Socioeconómicas Compartidas (SSP).

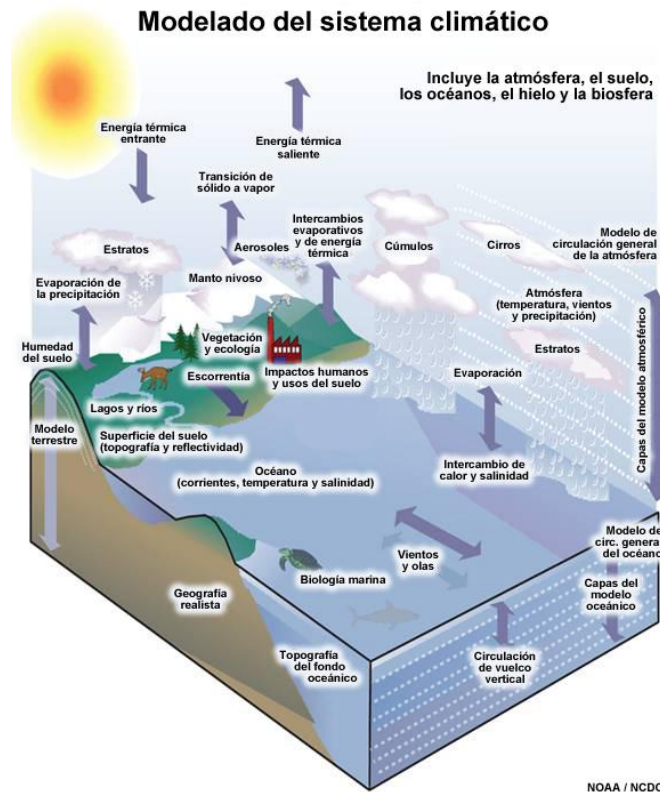



Fuente: (IDEAM, 2024)

### Modelos Climáticos Globales

Los Modelos Climáticos Globales (o GCM por sus siglas en inglés), o también llamados Modelos de Circulación General, son una representación numérica tridimensional de la dinámica atmosférica, y por tanto de la circulación general alrededor del planeta. Buscan representar procesos físicos en la atmósfera, en los océanos, en la criosfera y en la superficie terrestre (Figura 3), y son la herramienta disponible más avanzada que actualmente se tiene para simular la respuesta futura del sistema climático global a los aumentos en los gases efecto invernadero (IPCC, 2013). Los MCG representan el clima usando una rejilla tridimensional sobre el globo, la cual típicamente tiene una resolución horizontal de alrededor de 200 - 600km y de resolución vertical de unas 10 a 20 capas para la atmósfera y unas 30 capas en la vertical oceánica.

*Figura 3. Diagrama general de algunos de los procesos que simulan los Modelos Climáticos Globales.*



	<b>Generación de conocimiento e investigación</b> <b>Guía metodológica de la elaboración de los escenarios de cambio climático de la Cuarta Comunicación Nacional de Cambio Climático de Colombia</b>	<b>Código:</b> GCI-G004 <b>Versión:</b> 01 <b>Fecha:</b> 25/03/2026
---	--	---

*Fuente: NOAA/NCDC*

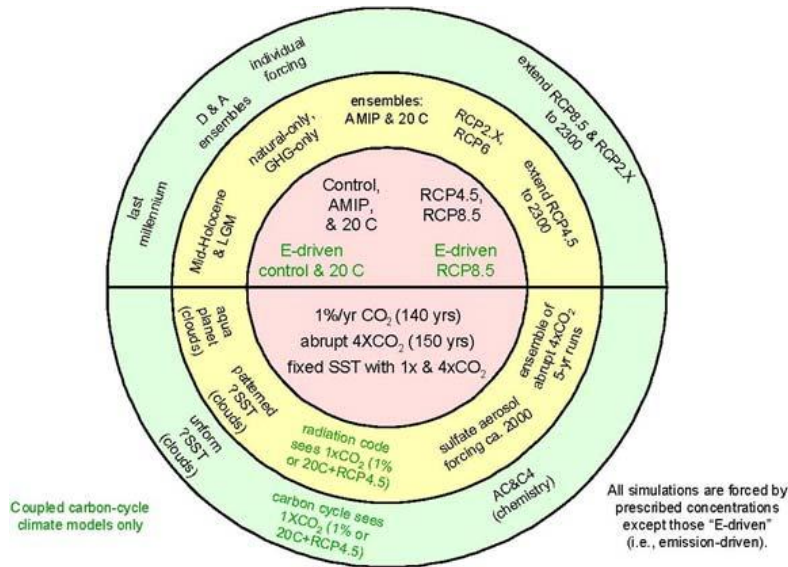
### **Proyectos de Intercomparación de Modelos Acoplados (CMIPs)**

En 1995, el WRCP (*World Climate Research Programme*) estableció un estándar de experimentación para el estudio de las salidas de los modelos climáticos globales (GCMs), a los cuales se les han inducido diferentes cambios generados por actividades humanas, en emisiones de gases de efecto invernadero, uso del suelo, cambio del mismo, entre otros. Así nace el Proyecto de Intercomparación de Modelos Acoplados (CMIP por su sigla en inglés).

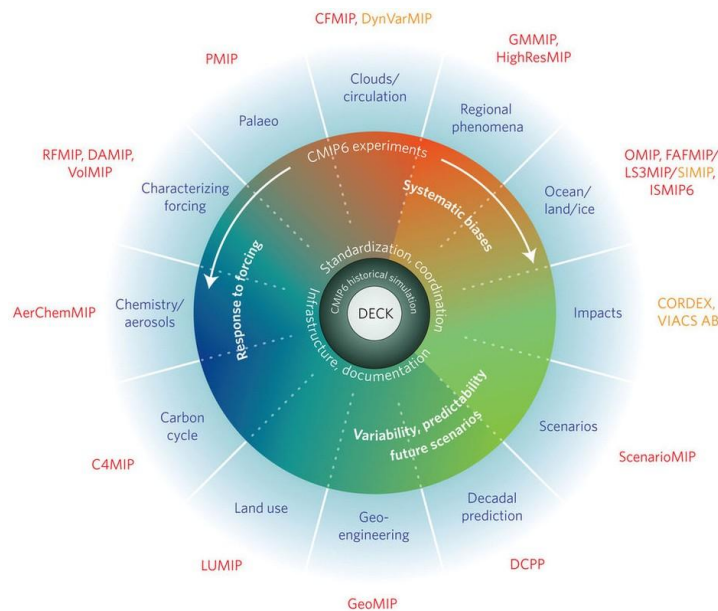
Para los escenarios del AR5 y AR6, estos proyectos corresponden al CMIP5 (es decir, simulaciones con modelos climáticos relacionados con los escenarios RCP) y al CMIP6 (simulaciones con base en los escenarios SSP). Cada proyecto no solamente tiene simulaciones para los escenarios mencionados anteriormente, sino que también incluye experimentos históricos y con unos “escenarios estándar”. Por ejemplo, para los experimentos del CMIP5, se tienen simulaciones con una duplicación o cuadruplicación del CO<sub>2</sub> en la atmósfera (


Figura 4), mientras que para el CMIP6 se tienen simulaciones con cambios en elementos particulares del sistema climático (criosfera, química atmosférica, uso del suelo, entre otros) (Figura 5).

*Figura 4. Simulaciones realizadas en el CMIP5, como parte del Quinto Reporte de Evaluación (AR5) del IPCC.*



*Figura 5. Simulaciones realizadas en el CMIP6, como parte del Sexto Reporte de Evaluación (AR6) del IPCC.*



	<b>Generación de conocimiento e investigación</b> <b>Guía metodológica de la elaboración de los escenarios de cambio climático de la Cuarta Comunicación Nacional de Cambio Climático de Colombia</b>	<b>Código:</b> GCI-G004 <b>Versión:</b> 01 <b>Fecha:</b> 25/03/2026
---	--	---

*Fuente: (IPCC, 2021)*

### **Características principales de los modelos del CMIP5 y CMIP6**

Para el caso del CMIP5, el proyecto lo integraron alrededor de 40 grupos internacionales de modelación, los cuales utilizan modelos acoplados Océano-Atmósfera (AOGCM), y algunos utilizan los "Earth System Models", los cuales, además de la Atmósfera y el Océano, incluyen en sus simulaciones la vegetación y ciclo de carbono interactivo (IPCC, 2013). La cantidad de modelos con información de los escenarios RCP en este proyecto fue de aproximadamente 46, de los cuales se tiene información tanto a nivel histórico como futuro bajo estos escenarios. A manera de ejemplo, en la Tabla 2 se muestra la resolución espacial de los 15 modelos utilizados en la Tercera Comunicación Nacional (IDEAM, PNUD, MADS, DNP, & CANCELLERÍA, 2015), los cuales poseen pixeles con resoluciones mayores a 130x130 kilómetros, lo cual es una de las principales limitantes de uso de los datos en esta resolución, y que implica el uso de técnicas de reducción de escala (*downscaling*) con el fin de tener información más confiable y representativa del clima del país.

*Tabla 2. Listado de modelos del CMIP5 utilizados en la Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático de Colombia.*

<b>Modelo</b>	<b>Institución</b>	<b>Resolución (grados de</b>
bcc-csm1-1-m	BCC – Beijing Climate Center, China Meteorological Administration	2,8125x2,7906
CCSM4	NCAR – National Center for Atmospheric Research	1,25x0,9424
CSIRO-Mk3-6-0	CSIRO-QCCCE – Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization in collaboration with Queensland Climate Change Centre of Excellence	1,875x1,8653
FIO-ESM	FIO – The First Institute of Oceanography, SOA, China	2,81x2,77

<sup>1</sup> Un grado de arco equivale aproximadamente a 111 kilómetros



**Generación de conocimiento e investigación**  
**Guía metodológica de la elaboración de los escenarios de cambio climático de la Cuarta Comunicación Nacional de Cambio Climático de Colombia**

**Código:** GCI-G004  
**Versión:** 01  
**Fecha:** 25/03/2026

GFDL-CM3	NOAA-GFDL – NOAA Geophysical Fluid Dynamics Laboratory	2,5x2
GISS-E2-H	NASA-GISS – NASA Goddard Institute for Space Studies	2,5x2
GISS-E2-R		2,5x2
HadGEM2-AO	NIMR/KMA – National Institute of Meteorological Research/Korea Meteorological Administration	1,88x1,25
IPSL-CM5A-	IPSL - Institut Pierre-Simon Laplace	3,75x1,8947
IPSL-CM5A-		2,5x2,5352
MIROC5	MIROC – Atmosphere and Ocean Research Institute (The University of Tokyo), National	1,40625x1,4008
MIROC-ESM-		2,8125x2,7906
MIROC-ESM		2,8125x2,7906
MRI-CGCM3	MRI – Meteorological Research Institute	1,125x1,12148
NorESM1-ME	NCC – Norwegian Climate Centre	2,5x1,8947

*Fuente: (IDEAM, PNUD, MADS, DNP, & CANCELLEÍA, 2015)*

Por otra parte, en el CMIP6 participaron 46 grupos de modelación, y se tienen datos de modelos climáticos globales con nuevas versiones y mejoras, en comparación con los que se utilizaron para los escenarios RCP. Ahora, se cuenta con más modelos (aproximadamente 100), de los cuales se tiene una mejor resolución espacial para la mayoría de ellos, así como algunas mejoras en la representación del clima histórico. Estos nuevos escenarios son los que actualmente se están utilizando no solamente para las Comunicaciones Nacionales de Cambio Climático de diferentes países, sino también para tener una mejor idea de los posibles cambios que se darían en el clima con una mejor base de conocimiento más reciente.

A manera de ejemplo, en la Tabla 3 se muestran las resoluciones espaciales de algunos de los modelos del CMIP6 que han sido evaluados para Suramérica (Almazroui, y otros, 2021). En ella, se aprecia cómo varios modelos ya poseen resoluciones inferiores a 111x111 kilómetros, lo cual, si bien no necesariamente implica una mejor representación del clima (y aún se requerirá el uso de técnicas y herramientas adicionales de reducción de escala), muestra grandes avances en lograr tener información a una resolución más aplicable para diversos análisis de



vulnerabilidad y riesgo por cambio climático, así como para modelaciones regionales para diferentes sectores (agricultura, recursos hídricos, infraestructura, entre otros).


*Tabla 3. Listado de algunos de los modelos del CMIP6 disponibles.*

<b>Modelo</b>	<b>País</b>	<b>Resolución (grados de arco)</b>	<b>Modelo</b>	<b>País</b>	<b>Resolución (grados de arco)</b>
ACCESS-CM2	Australia	1,9°×1,3°	FIO-ESM-2-0*	China	1,3°×0,9°
ACCESS-	Australia	1,9°×1,2°	GFDL-ESM4	USA	1,3°×1°
AWI-CM-1-1-	Germany	0,9°×0,9°	GISS-E2-1-G	USA	2,5°×2°
BCC-CSM2-MR	China	1,1°×1,1°	HadGEM3-	UK	1,9°×1,3°
CAMS-CSM1-0	China	1,1°×1,1°	IITM-ESM	India	1,9°×1,9°
CanESM5-	Canada	2,8°×2,8°	INM-CM4-8	Russia	2°×1,5°
CanESM5	Canada	2,8°×2,8°	INM-CM5-0	Russia	2°×1,5°
CESM2	USA	1,3°×0,9°	IPSL-CM6A-LR	France	2,5°×1,3°
CESM2-	USA	1,3°×0,9°	MCM-UA-1-0	USA	3,8°×2,3°
CMCC-CM2-	Italy	1,3°×0,9°	MIROC6	Japan	1,4°×1,4°
CMCC-ESM2	Italy	1,3°×0,9°	MIROC-ES2L	Japan	2,8°×2,8°
CNRM-CM6-1	France	1,4°×1,4°	MPI-ESM1-2-	Germany	0,9°×0,9°
CNRM-CM6-1-	France	0,5°×0,5°	MPI-ESM1-2-	Germany	1,9°×1,9°
CNRM-ESM2-1	France	1,4°×1,4°	MRI-ESM2-0	Japan	1,1°×1,1°
EC-Earth3	Europe	0,7°×0,7°	NESM3*	China	1,9°×1,9°
EC-Earth3-	Europe	1,1°×1,1°	NorESM2-LM	Norway	2,5°×1,9°
EC-Earth3-Veg	Europe	0,7°×0,7°	NorESM2-MM	Norway	0,9°×1,3°
FGOALS-f3-L	China	1,3°×1°	TaiESM1	Taiwan	1,3°×1°
FGOALS-g3	China	2°×2,3°	UKESM1-0-LL	UK	1,9°×1,3°

*Fuente: (Almazroui, y otros, 2021)*

### **3. Metodología**

Con base en las revisiones de los últimos reportes de evaluación del IPCC (AR5 y AR6), de los trabajos más recientes realizados en diversos países, la revisión de los escenarios generados en las últimas comunicaciones nacionales de Colombia y las necesidades de información de los distintos usuarios, a continuación, se presenta

	<b>Generación de conocimiento e investigación</b> <b>Guía metodológica de la elaboración de los escenarios de cambio climático de la Cuarta Comunicación Nacional de Cambio Climático de Colombia</b>	<b>Código:</b> GCI-G004 <b>Versión:</b> 01 <b>Fecha:</b> 25/03/2026
---	--	---

la metodología utilizada para la elaboración de los Escenarios de Cambio Climático de la Cuarta Comunicación Nacional de Cambio Climático de Colombia.

### **Información observada utilizada**

Tanto para los procesos de reducción de escala estadística aplicadas a los modelos climáticos globales seleccionados (que se mencionan más adelante) como para la validación de los resultados obtenidos son necesarios datos observados. Éstos se definen como los valores de las variables meteorológicas registrados por las estaciones del mismo tipo durante determinados intervalos de tiempo. Para los estudios climáticos y de cambio climático, comúnmente se suele trabajar con datos a escala mensual, y se requiere de al menos 25 años con series completas de información.

Para los Escenarios de Cambio Climático de la Cuarta Comunicación Nacional, las bases de datos utilizadas corresponden, en el caso de la precipitación y las temperaturas media, máxima y mínima, a la generada en el trabajo que realizó el IDEAM en colaboración con el IRI y con el apoyo de Juan Barrios en el proyecto CBIT, quienes generaron información reticulada en pixeles de 10x10 kilómetros a escala temporal diaria. Estos datos se generaron a partir de los datos observados de las estaciones hidrometeorológicas del Instituto y de dos fuentes de datos derivados de satélite: CHIRPS (*Climate Hazards Center InfraRed Precipitation with Station data*) y MERRA (*Modern-Era Retrospective analysis for Research and Applications*).

En cuanto a los datos observados, se tomaron las estaciones que tuviesen datos diarios suficientes para el periodo 1981-2020, es decir, con un faltante de máximo de 8 a 9 días por cada mes en el caso de las series diarias, y del 30% de meses del total del periodo para las series mensuales. De la revisión y análisis de toda la información procesada en este trabajo, se integraron a la información reticulada datos de 1753 estaciones de precipitación (


	<b>Generación de conocimiento e investigación</b> <b>Guía metodológica de la elaboración de los escenarios de cambio climático de la Cuarta Comunicación Nacional de Cambio Climático de Colombia</b>	<b>Código:</b> GCI-G004 <b>Versión:</b> 01 <b>Fecha:</b> 25/03/2026
---	--	---


Figura 1), 215 de temperatura media (Figura 2), 151 de temperatura máxima (Figura 3) y 204 de temperatura mínima (Figura 4).

En cuanto a la información derivada de satélite, los datos procesados corresponden a dos tipos: series diarias de precipitación obtenidas de CHIRPS a resolución espacial de 0,05 grados de arco (aproximadamente 5x5 kilómetros), y series diarias de las temperaturas media, máxima y mínima de MERRA, a resolución espacial aproximada de 0,5 grados de arco (50 kilómetros) (Barrios, 2023).

Todos los datos fueron “combinados” y procesados mediante metodologías y herramientas para el control de calidad y la reducción de escala, tales como CDT y desarrollos en lenguajes de programación R y Python. Finalmente, se obtuvieron las series diarias de las 4 variables a una resolución espacial de 10x10 kilómetros para el periodo 1981-2020. A esta información el IDEAM la denominó “*Cubo de Datos*”, y de esta forma será referenciada de aquí en adelante.

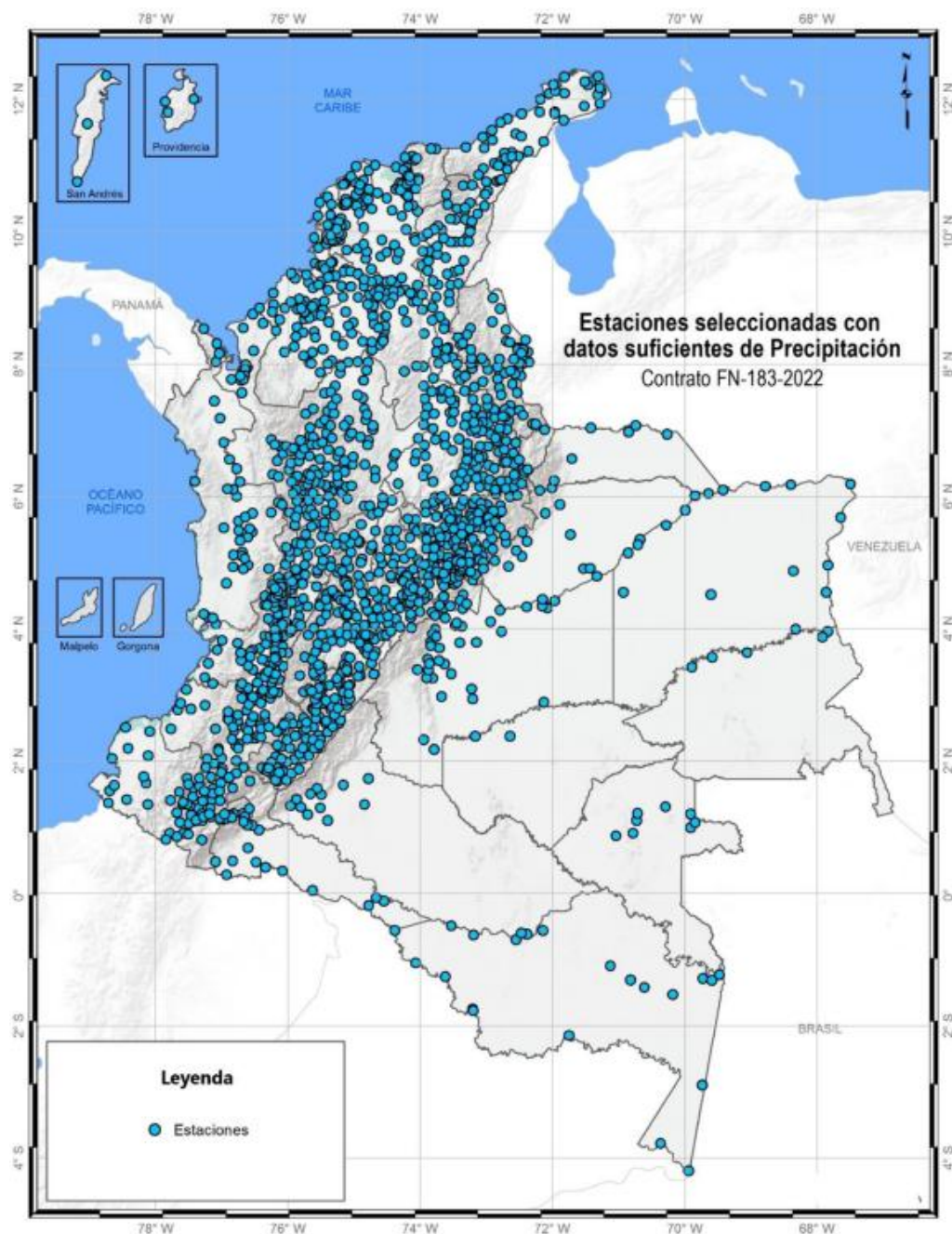
En lo relacionado con la humedad relativa, debido a la poca cantidad de estaciones con datos suficientes y confiables para el periodo 1981-2010, y con el fin de tener la mayor cobertura espacial posible, se utilizó información de otras fuentes (reanálisis, de satélite, otros modelos, etc.) y se seleccionaron los datos derivados de satélite CHIRTS (*Climate Hazards Group InfraRed Temperature with Station data*), los cuales vienen a una resolución de 5x5 kilómetros y poseen información diaria y mensual para el periodo 1983-2016. Se realizó el proceso de extracción, ajuste y validación de las series con los datos observados de esta variable, y se reescaló la información a la misma resolución del Cubo de Datos.

Por último, para las variables Radiación y Velocidad del Viento, por la misma razón de la humedad relativa, también se revisaron otras fuentes de información, encontrando que la más adecuada es la de la quinta generación del reanálisis atmosférico del Centro Europeo (ECMWF), conocido como ERA5 (Hersbach, y otros, 2020). Estos datos también fueron validados y ajustados con la información disponible de las estaciones hidrometeorológicas para el periodo 1981-2010.

	<b>Generación de conocimiento e investigación</b> <b>Guía metodológica de la elaboración de los escenarios de cambio climático de la Cuarta Comunicación Nacional de Cambio Climático de Colombia</b>	<b>Código:</b> GCI-G004 <b>Versión:</b> 01 <b>Fecha:</b> 25/03/2026
---	--	---

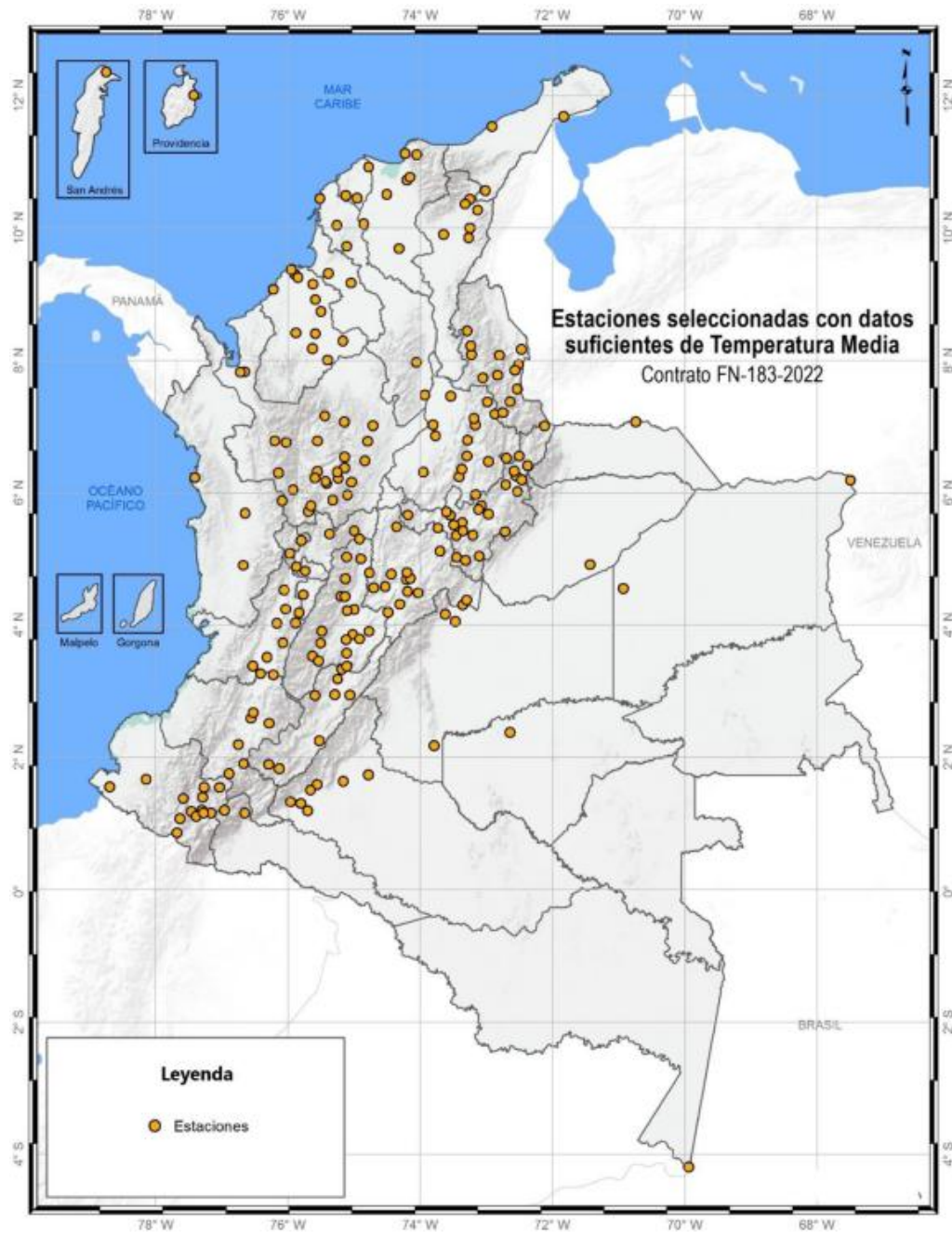
Teniendo en cuenta lo anterior, se tienen datos diarios históricos de las 7 variables para el periodo 1981-2010, y con los cuales se generaron los escenarios de cambio climático para cada una de ellas. La información se encuentra disponible en 9585 pixeles (Figura 5) para precipitación y temperaturas media, máxima y mínima; 9508 pixeles para humedad relativa (Figura 6) y 1580 para radiación y velocidad del viento (Figura 7). Un aspecto importante de estos datos es el hecho que no hay información para el archipiélago de San Andrés y Providencia, por lo tanto, para estas islas, los escenarios se generaron para las dos estaciones de los aeropuertos de ellas.

Figura 1. Estaciones seleccionadas con datos suficientes de precipitación en el periodo 1981-2020.



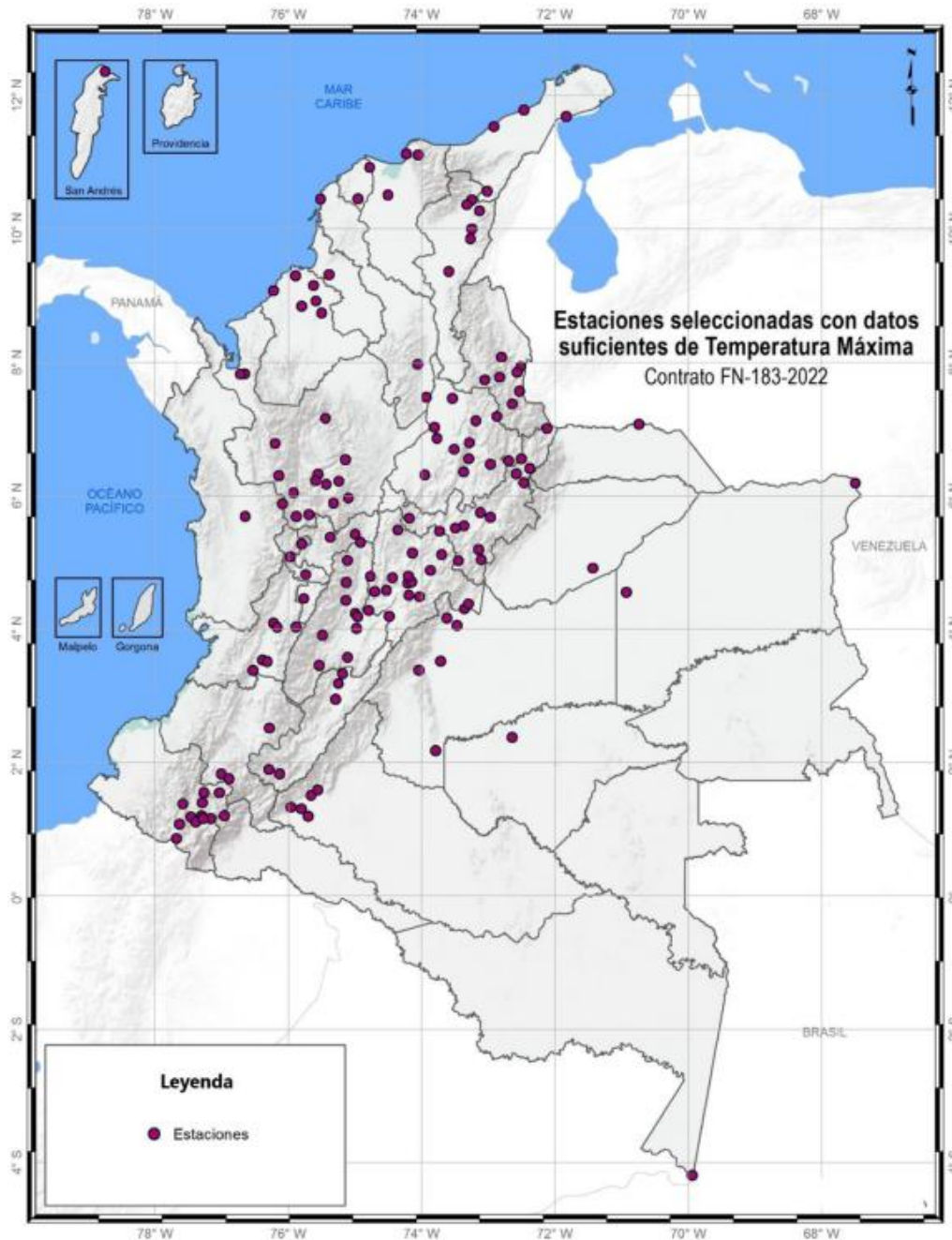
Fuente: (Barrios, 2023)

Figura 2. Estaciones seleccionadas con datos suficientes de temperatura media en el periodo 1981-2020.



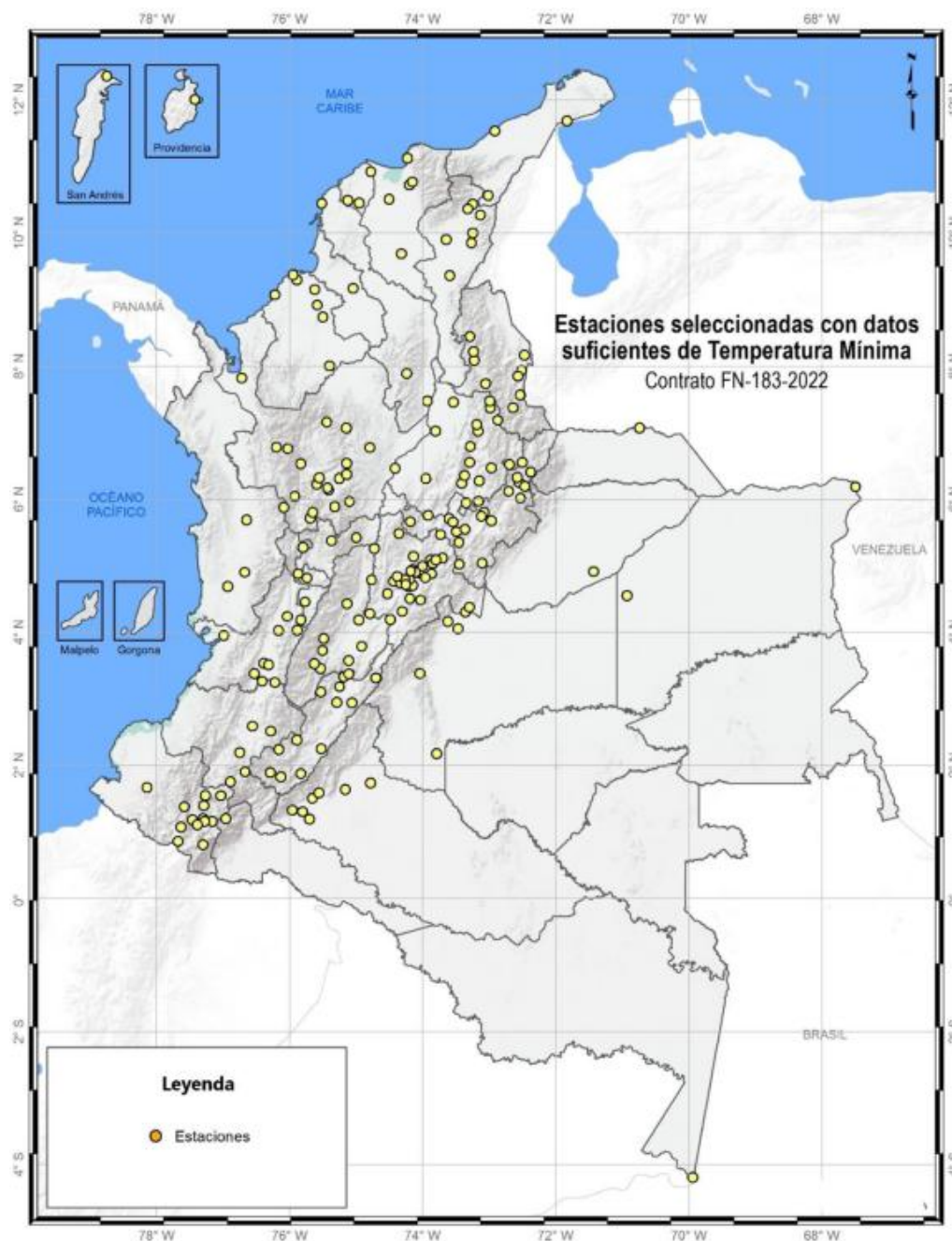
Fuente: (Barrios, 2023)

Figura 3. Estaciones seleccionadas con datos suficientes de temperatura máxima en el periodo 1981-2020.



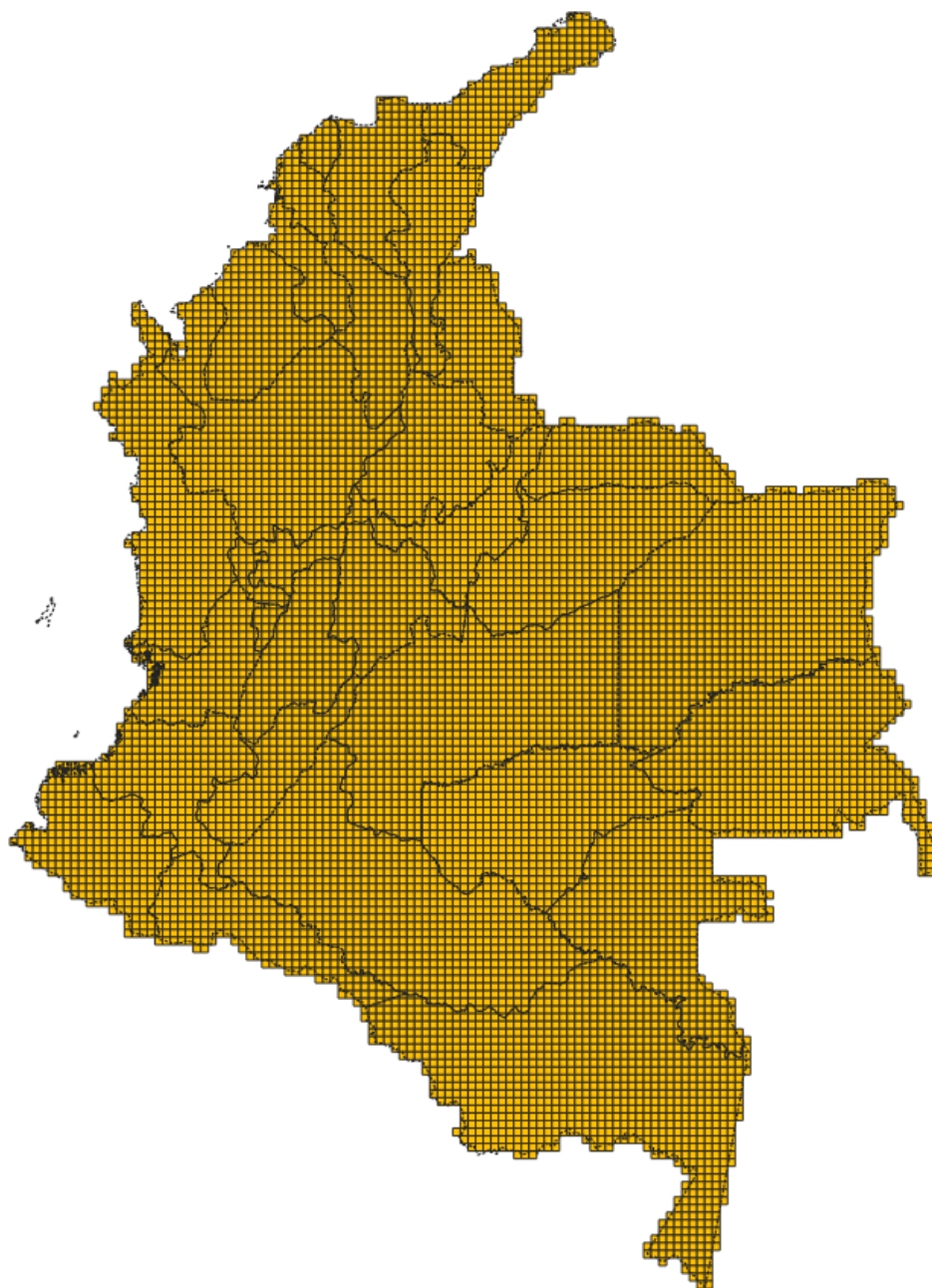
Fuente: (Barrios, 2023)

Figura 4. Estaciones seleccionadas con datos suficientes de temperatura mínima en el periodo 1981-2020.



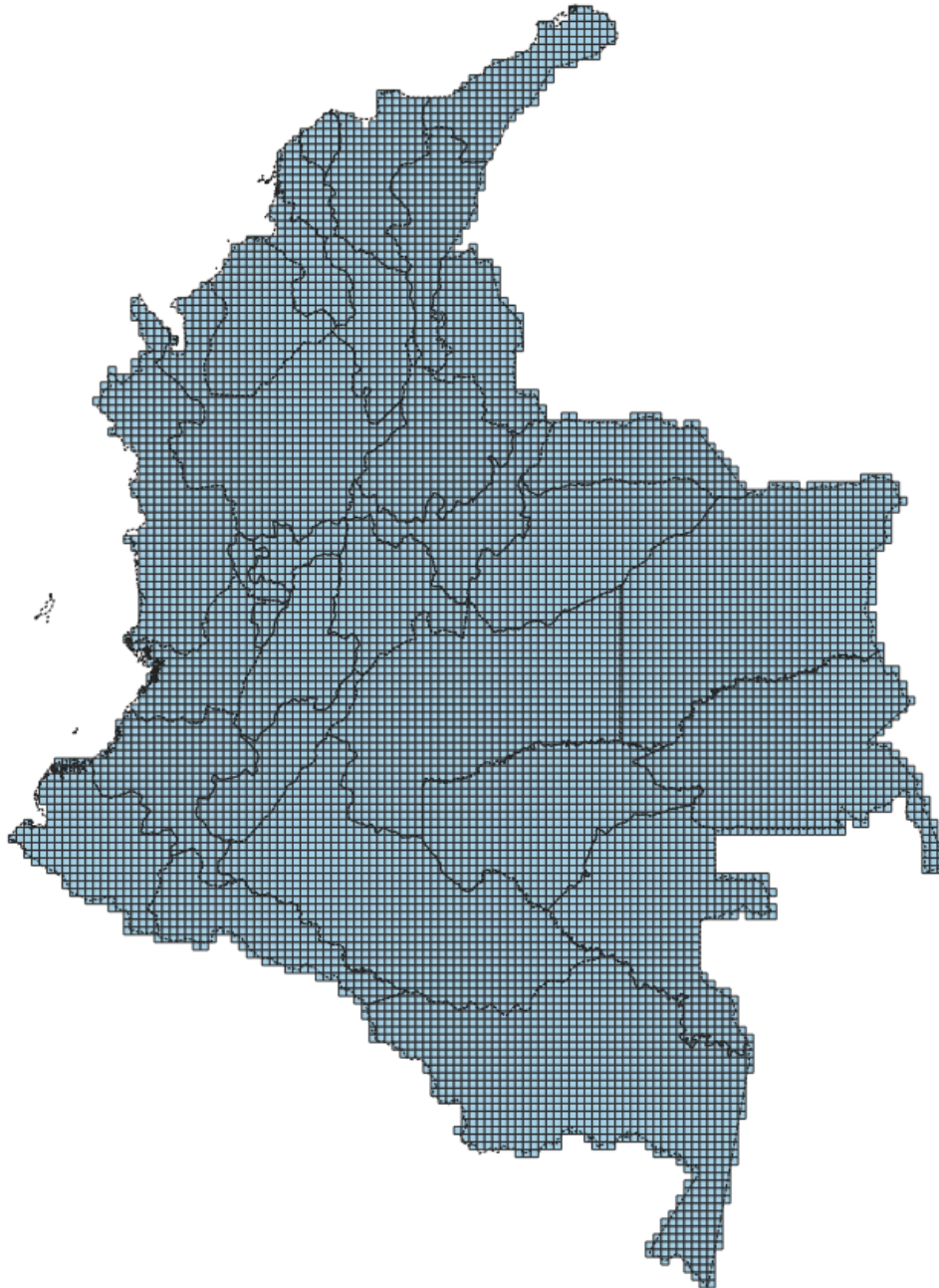
Fuente: (Barrios, 2023)

Figura 5. Distribución espacial de los 9585 píxeles con datos diarios de precipitación y temperaturas media, máxima y mínima del Cubo de Datos, para el periodo 1981-2020.



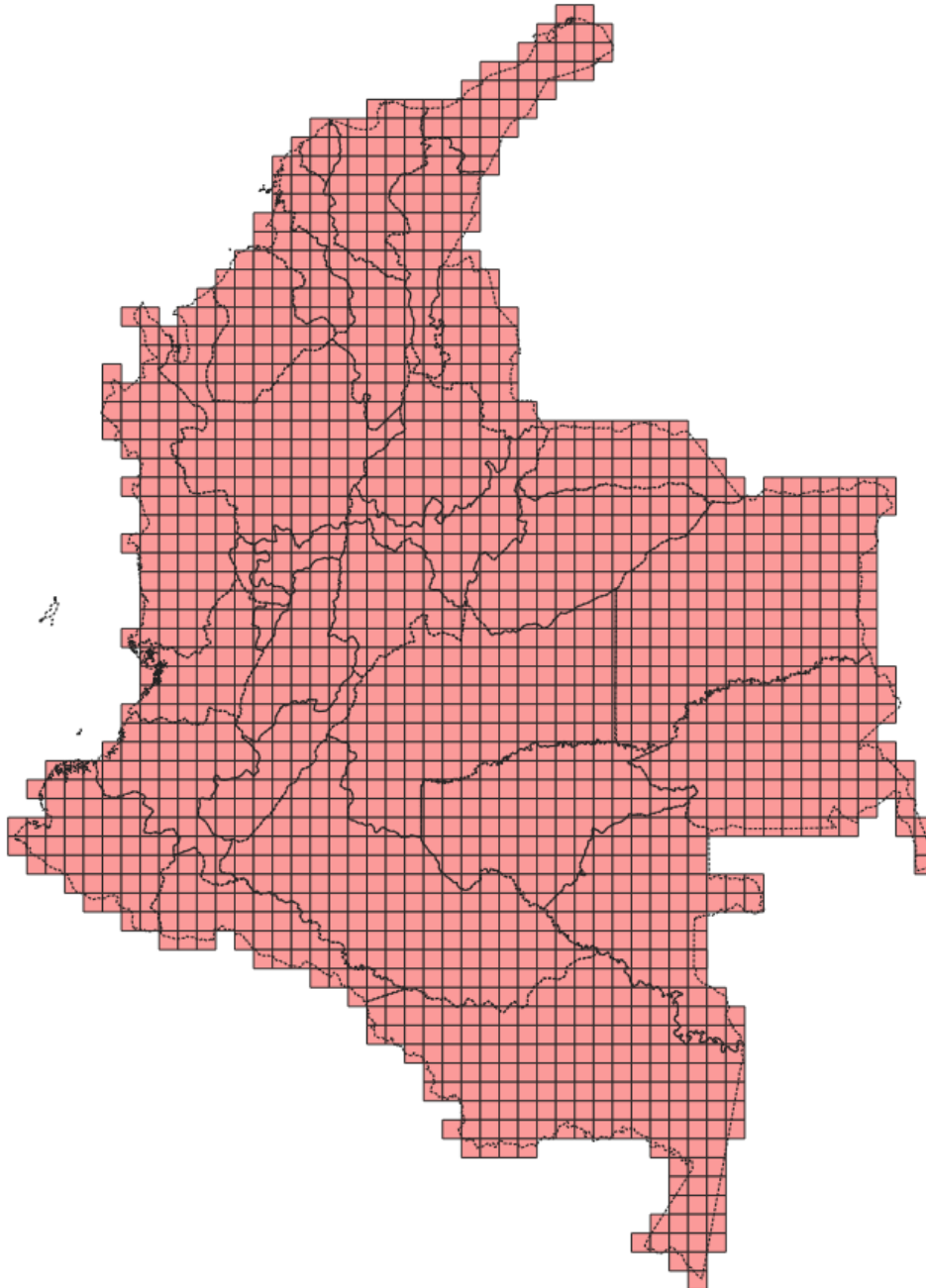
Fuente: (IDEAM, 2024)

Figura 6. Distribución espacial de los 9508 pixeles con datos diarios de humedad relativa, para el periodo 1981-2020.




Fuente: (IDEAM, 2024)

Figura 7. Distribución espacial de los 1580 píxeles con datos diarios de radiación y velocidad del viento, para el periodo 1981-2020.



Fuente: (IDEAM, 2024)

	<b>Generación de conocimiento e investigación</b> <b>Guía metodológica de la elaboración de los escenarios de cambio climático de la Cuarta Comunicación Nacional de Cambio Climático de Colombia</b>	<b>Código:</b> GCI-G004 <b>Versión:</b> 01 <b>Fecha:</b> 25/03/2026
---	--	---

### **Modelos Climáticos Globales seleccionados**

Para la selección de los modelos a utilizar para los escenarios de Cambio Climático a incorporar en la Cuarta Comunicación Nacional de Colombia, se revisaron los datos generados por la NASA (*National Aeronautics and Space Administration*), a través del proyecto NEX-GDDP (*NASA Earth eXchange - Global Daily Downscaled Projections*)<sup>2</sup>, quienes realizaron la reducción de escala de los datos de precipitación, temperaturas media, máxima y mínima y otras variables para 25 de los 80 modelos del CMIP6 (

---

<sup>2</sup> NEX Global Daily Downscaled Climate Projections: <https://www.nccs.nasa.gov/services/data-collections/land-based-products/nex-qddp-cmip6>


	<b>Generación de conocimiento e investigación</b> <b>Guía metodológica de la elaboración de los escenarios de cambio climático de la Cuarta Comunicación Nacional de Cambio Climático de Colombia</b>	<b>Código:</b> GCI-G004 <b>Versión:</b> 01 <b>Fecha:</b> 25/03/2026
---	--	---

Tabla 4), generando datos a escala diaria y a una resolución espacial de 25x25Km, tanto para el periodo histórico 1961-2014 como para el periodo futuro 2021-2100 de 4 de los 5 escenarios SSP del Sexto Reporte de Evaluación del IPCC (AR6) (SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0 y SSP5-8.5). De estos datos, se descargaron los correspondientes al periodo histórico y para los 4 escenarios, en los periodos anteriormente mencionados. No se generaron las proyecciones climáticas futuras para el escenario SSP4-6.0 porque hay pocos modelos climáticos globales con información para este escenario, en comparación con la cantidad de modelos que existe para los otros 4 SSP. Y con el fin de conservar la homogeneidad en la selección y evaluación de estos modelos, se decidió solamente generar las proyecciones para los escenarios que se tuviera la mayor cantidad de información posible.


	<b>Generación de conocimiento e investigación</b> <b>Guía metodológica de la elaboración de los escenarios de cambio climático de la Cuarta Comunicación Nacional de Cambio Climático de Colombia</b>	<b>Código:</b> GCI-G004 <b>Versión:</b> 01 <b>Fecha:</b> 25/03/2026
---	--	---

Tabla 4. Listado de modelos disponibles del CMIP6 en el proyecto NASA NEX-GDDP.


MODELO	INSTITUCIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA INSTITUCIÓN	PAÍS
ACCESS-CM2	CSIRO-ARCCSS	CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation), ARCCSS (Australian Research Council Centre of Excellence for Climate System Science)	Australia
ACCESS-ESM1-5	CSIRO	CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation)	Australia
BCC-CSM2-MR	BCC	Beijing Climate Center	China
CanESM5	CCCma	Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis, Environment and Climate Change	Canadá
CMCC-ESM2	CMCC	Fondazione Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici	Italia
CNRM-CM6-1	CNRM-CERFACS	CNRM (Centre National de Recherches Meteorologiques), CERFACS (Centre Europeen de Recherche et de Formation Avancee en Calcul Scientifique)	Francia
CNRM-ESM2-1			
EC-Earth3	EC-Earth-Consortium	AEMET, Spain; BSC, Spain; CNR-ISAC, Italy; DMI, Denmark; ENEA, Italy; FMI, Finland; Geomar, Germany; ICHEC, Ireland; ICTP, Italy; IDL, Portugal; IMAU, The Netherlands; IPMA, Portugal; KIT, Karlsruhe, Germany; KNMI, The Netherlands; Lund University, Sweden; Met Eireann, Ireland; NLeSC, The Netherlands; NTNU, Norway; Oxford University, UK; surfSARA, The Netherlands; SMHI, Sweden; Stockholm University, Sweden; Unite ASTR, Belgium; University College Dublin, Ireland; University of Bergen, Norway; University of Copenhagen, Denmark; University of Helsinki, Finland; University of Santiago de Compostela, Spain; Uppsala University, Sweden; Utrecht University, The Netherlands; Vrije Universiteit Amsterdam, the Netherlands; Wageningen University, The Netherlands. Mailing address: EC-Earth consortium,	Varios países de Europa
EC-Earth3-Veg-LR			



**Generación de conocimiento e investigación**  
**Guía metodológica de la elaboración de los escenarios de cambio climático de la Cuarta Comunicación Nacional de Cambio Climático de Colombia**

**Código:** GCI-G004  
**Versión:** 01  
**Fecha:** 25/03/2026

MODELO	INSTITUCIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA INSTITUCIÓN	PAÍS
		Rosby Center, Swedish Meteorological and Hydrological Institute/SMHI	
FGOALS-g3	CAS	Chinese Academy of Sciences	China
GFDL-ESM4	NOAA-GFDL	National Oceanic and Atmospheric Administration, Geophysical Fluid Dynamics Laboratory	Estados Unidos
GISS-E2-1-G	NASA-GISS	Goddard Institute for Space Studies	Estados Unidos
INM-CM4-8	INM	Institute for Numerical Mathematics, Russian Academy of Science	Rusia
INM-CM5-0			
IPSL-CM6A-LR	IPSL	Institut Pierre Simon Laplace	Francia
KACE-1-0-G	NIMS-KMA	National Institute of Meteorological Sciences/Korea Meteorological Administration, Climate Research Division	Corea del Sur
MIROC6	MIROC	JAMSTEC (Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology), AORI (Atmosphere and Ocean Research Institute), NIES (National Institute for Environmental Studies), and R-CCS (RIKEN Center for Computational Science)	Japón
MIROC-ES2L			
MPI-ESM1-2-HR	MPI-M DWD DKRZ	MPI-M (Max Planck Institute for Meteorology); DWD (Deutscher Wetterdienst), and DKRZ (Deutsches Klimarechenzentrum)	Alemania
MPI-ESM1-2-LR	MPI-M AWI DKRZ DWD	MPI-M (Max Planck Institute for Meteorology); AWI (Alfred Wegener Institute, Helmholtz Centre for Polar and Marine Research); DWD (Deutscher Wetterdienst), and DKRZ (Deutsches Klimarechenzentrum)	Alemania
MRI-ESM2-0	MRI	Meteorological Research Institute	Japón

	<b>Generación de conocimiento e investigación</b> <b>Guía metodológica de la elaboración de los escenarios de cambio climático de la Cuarta Comunicación Nacional de Cambio Climático de Colombia</b>	<b>Código:</b> GCI-G004 <b>Versión:</b> 01 <b>Fecha:</b> 25/03/2026
---	--	---


MODELO	INSTITUCIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA INSTITUCIÓN	PAÍS
NorESM2-LM	NCC	NorESM Climate modeling Consortium consisting of CICERO (Center for International Climate and Environmental Research), MET-Norway (Norwegian Meteorological Institute), NERSC (Nansen Environmental and Remote Sensing Center), NILU (Norwegian Institute for Air Research), UiB (University of Bergen), UiO (University of Oslo) and UNI (Uni Research)	Noruega
NorESM2-MM			
TaiESM1	AS-RCEC	Research Center for Environmental Changes	Taiwan
UKESM1-0-LL	MOHC NERC NIMS-KMA NIWA	MOHC (Met Office Hadley Centre) (UK); NERC (Natural Environment Research Council, STFC-RAL) (UK); NIMS-KMA (National Institute of Meteorological Sciences/Korea Meteorological Administration, Climate Research Division) (Korea); and NIWA (National Institute of Water and Atmospheric Research) (New Zealand)	Reino Unido, Corea del Sur y Nueva Zelanda

Fuente: (IDEAM, 2024)

### Reducción de escala estadística

Debido a la resolución espacial de los datos de los modelos globales del CMIP6 (25x25 kilómetros), es necesario poder llevar esta información a la misma resolución de los datos históricos (10x10 kilómetros). Ante esto, se hace necesario realizar una reducción de escala a los datos, con el fin de obtener series a una mejor resolución para los pixeles determinados con la información histórica a utilizar. Existen diferentes métodos de reducción de escala, entre los cuales los más utilizados son los siguientes:

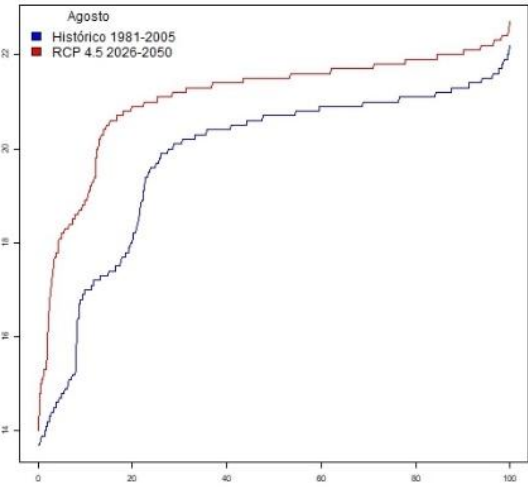
- Estadísticos: Métodos en los que se trata de reproducir las estadísticas de largo plazo y las condiciones locales a través del análisis del comportamiento de los datos observados de una variable para un periodo largo de tiempo.

	<b>Generación de conocimiento e investigación</b> <b>Guía metodológica de la elaboración de los escenarios de cambio climático de la Cuarta Comunicación Nacional de Cambio Climático de Colombia</b>	<b>Código:</b> GCI-G004 <b>Versión:</b> 01 <b>Fecha:</b> 25/03/2026
---	--	---

- Dinámicos: Utilizan modelos regionales de circulación (RCM por sus siglas en inglés). Estos modelos toman como entrada los datos de los GCM, y permiten ser configurados para correr en resoluciones más detalladas y para una región o zona en particular. Sin embargo, el tener un mayor detalle en la representación requiere capacidades de cómputos mayores, y el tiempo de ejecución de estos modelos es superior en comparación con los modelos globales.
- Dinámico-Estadísticos: Utiliza combinaciones de los dos métodos anteriores para la reducción de escala. Comúnmente se hace primero la reducción de escala dinámica a una resolución aceptable, que represente los aspectos importantes de la circulación general en el área de estudio (entre 25 y 50Km), y luego, con estos datos simulados, se realiza la reducción de escala estadística, con base en los datos observados de estaciones.

Con la información observada histórica y la de los escenarios futuros disponible para la zona de estudio, se analizó el uso de diferentes técnicas de reducción de escala estadística, con el fin de obtener series de datos diarias coherentes tanto con el comportamiento histórico observado como con los cambios que podrían darse hacia el futuro en las variables climáticas. Se revisaron 3 técnicas de reducción de escala estadística: BCSD-Q (*BIAS Correction -Quantile Mapping- and Spatial Dissagregation*, utilizada en la Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático para Colombia (IDEAM; PNUD; MADS; DNP; Cancillería, 2017)), Delta Q-Q (Cannon et al., 2015) y kNN (*Kth Nearest Neighbor* (Angarita & Yates, 2014)), seleccionando Delta Q-Q como la más adecuada a utilizar. Su descripción general se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5. Generalidades del método de reducción de escala estadística Delta Q-Q (*Delta Quantile- Quantile Mapping*), utilizado para la generación de las series de los escenarios climáticos.

DESCRIPCIÓN	VENTAJAS Y LIMITACIONES
<p>Con esta técnica básicamente lo que se busca es revisar los posibles cambios de magnitud que las variables climáticas muestran hacia el futuro, en comparación con la representación que el modelo tiene del clima de referencia a través de un mapeo de cuantiles. Finalmente, estos cambios de magnitud son aplicados a la serie observada, y esta serie ajustada pasa a ser la serie proyectada.</p> 	<p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conserva los cambios que cada modelo muestra para cada uno de los escenarios futuros.</li> <li>• Sirve para analizar los cambios en magnitud (y duración) de los eventos extremos.</li> <li>• Hace una muy buena aproximación de los valores diarios y mensuales.</li> </ul> <p>Limitaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Las series futuras generadas pueden tener vacíos (puesto que surgen de la serie observada).</li> <li>• La longitud de las series futuras e históricas de los modelos globales debe ser la misma de la serie observada.</li> </ul>

Fuente: (Cannon et al., 2015)

### **Evaluación del comportamiento de los modelos climáticos globales para Colombia**

Para poder realizar la evaluación y selección de los modelos climáticos globales a utilizar, el primer paso consiste en la obtención y generación de las series mensuales observadas (del Cubo de Datos) e históricas de cada uno de los 25



modelos utilizados. Como ambos conjuntos de datos presentan diferentes periodos (el Cubo de Datos cuenta con información del periodo 1981-2020, mientras que los datos históricos de los modelos son del periodo 1971-2014<sup>3</sup>), para la evaluación de la información se debe tener un periodo común, estableciendo el mismo el correspondiente a 1981-2014. Con estos datos en un periodo común para las 4 variables climáticas, se realizó la evaluación del comportamiento de las mismas, comparando los datos históricos de cada modelo con los datos del Cubo de Datos, y con base en tres métricas:

- Correlación (Indica la fuerza y la dirección de una relación lineal y de proporcionalidad entre dos variables estadísticas. Se considera que dos variables cuantitativas están correlacionadas cuando los valores de una de ellas varían sistemáticamente con respecto a los valores homónimos de la otra)

$$c = \frac{\sum_{n=1}^N (f_n - \bar{f}) \times (O_n - \bar{O})}{[\sum_{n=1}^N (f_n - \bar{f})^2 \times \sum_{n=1}^N (O_n - \bar{O})^2]^{1/2}}$$

- BIAS (Sesgo. Es una medida de exactitud. Mide la diferencia entre el valor simulado y el valor medido de la variable)

$$BIAS = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (f_n - O_n)$$

- RMSE (Raíz del Error Cuadrático Medio. Es una medida de desempeño cuantitativa, y consiste en la raíz cuadrada de la sumatoria de los errores cuadráticos. El RMSE amplifica y penaliza con mayor fuerza aquellos errores de mayor magnitud)

$$RMSE = \left[ \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (f_n - O_n)^2 \right]^{1/2}$$

<sup>3</sup> Los datos históricos de los modelos climáticos globales del CMIP6 llegan hasta el año 2014 debido a que, hacia ese año fue que inició el trabajo de los centros de modelación para la generación de los escenarios SSP, y por lo tanto, el periodo histórico que se tenía en ese momento llegaba hasta ese año.



Previo a la aplicación de estas métricas, y debido a la diferente resolución que poseen los datos de los modelos globales y los del cubo de datos (25x25 y 10x10 kilómetros respectivamente), es necesario realizar un proceso de “ajuste” con el fin de obtener las series de los datos de los modelos a la misma resolución espacial de los datos observados (es decir, para los 9585 pixeles de precipitación y los 9270 pixeles de las temperaturas media, máxima y mínima). Para este fin, se realizó el proceso de “Corrección del Sesgo” (Pabón, 2011; Walsh, 2011; Walsh y Trainor, 2012). Con esta metodología, en términos generales, se busca reducir la diferencia entre los valores observados y los valores simulados, mediante la aplicación de un factor de ajuste a los datos simulados por los modelos globales, de la siguiente forma:


$$X_{i,j}^* = \alpha_j X_{i,j}^{\text{mod}}$$

Donde  $X_{i,j}^*$  es el valor ajustado de la variable X del año i-ésimo y del mes j-ésimo;  $X_{i,j}^{\text{mod}}$  es el valor simulado de la variable X del año i-ésimo y del mes j-ésimo, y  $\alpha_j$  es el factor de ajuste para el mes j-ésimo, el cual se calcula como:

$$\alpha_j = \frac{\overline{X_j^{\text{obs}}}}{\overline{X_j^{\text{mod}}}}$$

Siendo  $\overline{X_j^{\text{obs}}}$ : Promedio multianual de la serie de datos observados para el mes j-ésimo; y  $\overline{X_j^{\text{mod}}}$ : Promedio multianual de la serie de datos simulados para el mes j-ésimo.

Teniendo los datos mensuales ajustados de las 4 variables para el periodo 1981-2014, el siguiente paso en la evaluación consistió realizar el cálculo de las métricas para cada modelo, pixel y variable, teniendo así los valores de éstas para todo el país. Por último, para analizar estos resultados se estableció un criterio de “regionalización” para evaluar la representatividad de los modelos climáticos globales del clima histórico observado. Si bien una primera aproximación válida puede ser el considerar únicamente contar la cantidad de pixeles en todo el país para cada variable que tengan buenos valores de correlación y bajos valores de

	<b>Generación de conocimiento e investigación</b> <b>Guía metodológica de la elaboración de los escenarios de cambio climático de la Cuarta Comunicación Nacional de Cambio Climático de Colombia</b>	<b>Código:</b> GCI-G004 <b>Versión:</b> 01 <b>Fecha:</b> 25/03/2026
---	--	---

sesgo y RMSE, una forma más “robusta” de realizar esta evaluación es utilizar las clasificaciones que el IDEAM ha realizado en los últimos años para la precipitación. Estos trabajos que ha realizado el Instituto han consistido básicamente en analizar los datos de las estaciones hidrometeorológicas que éste posee para un periodo largo de tiempo, y generar espacialmente “zonas” según la similaridad del comportamiento interanual de esta variable, definiendo así “regiones pluviométricamente homogéneas” (Guzmán & Ruíz, 2013). Actualmente, se manejan 14 regiones (



 IDEAM	<b>Generación de conocimiento e investigación</b> <b>Guía metodológica de la elaboración de los escenarios de cambio climático de la Cuarta Comunicación Nacional de Cambio Climático de Colombia</b>	<b>Código:</b> GCI-G004 <b>Versión:</b> 01 <b>Fecha:</b> 25/03/2026
--	--	---

Figura 8), y para cada una de ellas se realizó el análisis de las métricas mencionadas anteriormente.

Figura 8. Distribución espacial de las 14 regiones pluviométricamente homogéneas generadas actualmente por el IDEAM.




Fuente: (Guzmán & Ruíz, 2013)

	<b>Generación de conocimiento e investigación</b> <b>Guía metodológica de la elaboración de los escenarios de cambio climático de la Cuarta Comunicación Nacional de Cambio Climático de Colombia</b>	<b>Código:</b> GCI-G004 <b>Versión:</b> 01 <b>Fecha:</b> 25/03/2026
---	--	---

Para estas regiones, se realizó la clasificación de los pixeles del Cubo de Datos, referenciando cada pixel dentro de una región pluviométricamente homogénea específica. Y con esta clasificación se cuantificaron aquellos pixeles por región que presentaran buenos valores de las métricas utilizadas. Para el caso de la correlación, se hizo el análisis teniendo en cuenta los umbrales que establece la prueba T de Student como valores “buenos” de correlación para cada pixel. Se utilizaron los umbrales dados por este test ya que las métricas a menudo penalizan severamente el comportamiento de los datos de los modelos climáticos globales, y hay modelos que, a pesar de no tener valores “altos” de correlación, presentan valores adecuados y suficientes para indicar una “buena” representatividad, pero que son descartados al no cumplir con el umbral utilizado comúnmente (0,5). La ventaja de la aplicación de este test es que permite establecer los umbrales con un nivel de confianza del 95% (un p-value igual o menor a 0,05), teniendo así una mayor cobertura de modelos en áreas donde quizá ninguno de ellos tenga valores de correlación igual o superior a 0,5.

A partir de los datos y métricas mencionados anteriormente, se evaluó la representatividad de cada modelo climático global del clima histórico observado (del Cubo de Datos). Se presentan los valores de correlación para cada variable y modelo climático global, así como las regiones pluviométricamente homogéneas que tienen la mayor parte de sus áreas pixeles con valores altos de correlación, según los dos criterios mencionados anteriormente (valores superiores a 0,5 y valores superiores al umbral definido por la prueba T de Student).

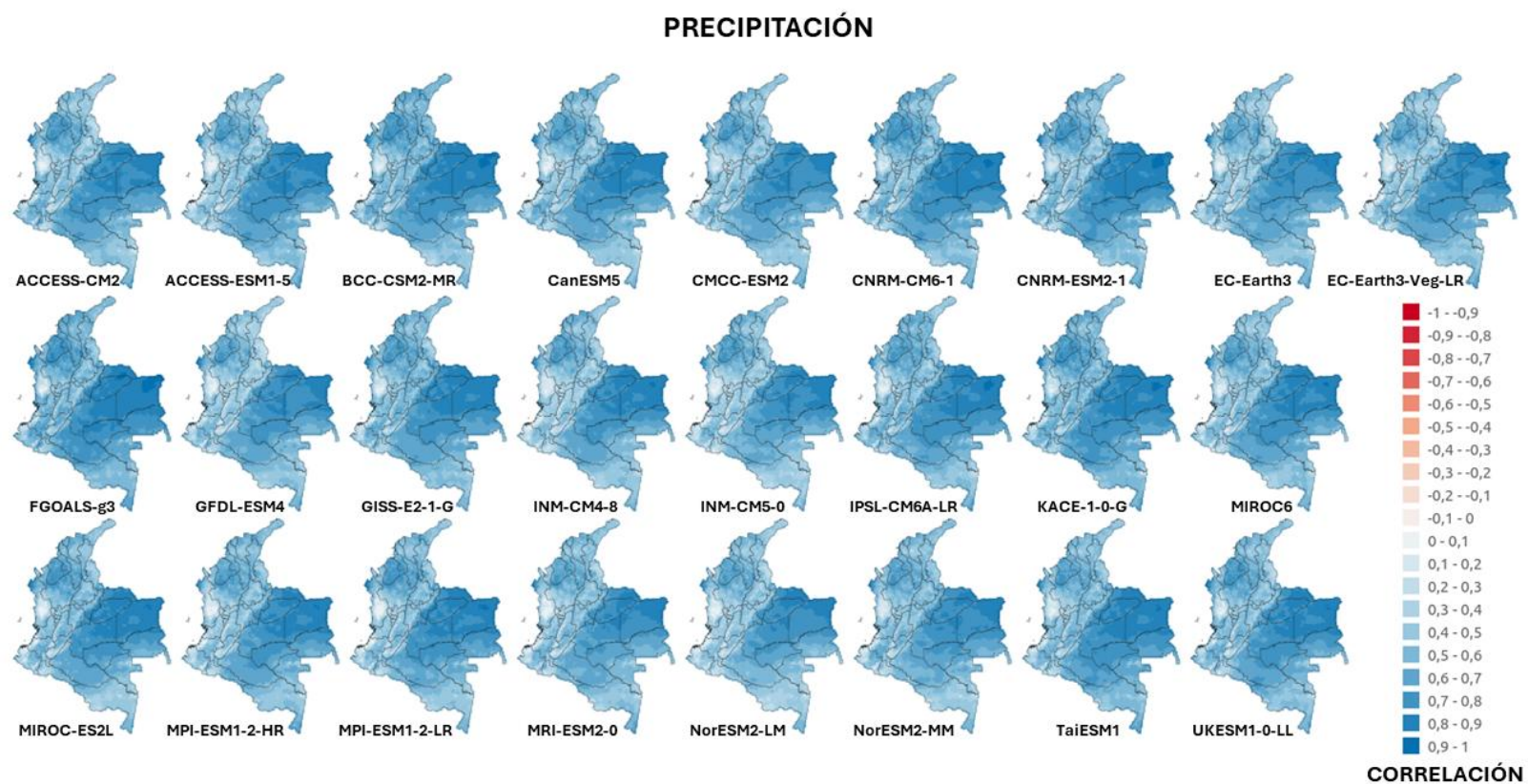
Para el caso de la precipitación, los 25 modelos mostraron valores de correlación superiores a 0,7 para la Orinoquia, el norte de la Amazonia y en el departamento de Córdoba (Figura 9), mientras que para el sur de la región Andina y el centro de la región Pacífica se presentaron valores bajos (inferiores a 0,5). En el caso de las temperaturas, para la media (Figura 10) se observan valores altos de correlación para gran parte de la Orinoquia, el norte de la región Caribe y el noroccidente de la Amazonia, mientras que, para la región Andina, el Pacífico

	<b>Generación de conocimiento e investigación</b> <b>Guía metodológica de la elaboración de los escenarios de cambio climático de la Cuarta Comunicación Nacional de Cambio Climático de Colombia</b>	<b>Código:</b> GCI-G004 <b>Versión:</b> 01 <b>Fecha:</b> 25/03/2026
---	--	---

Central y el noroccidente del país se tienen valores bajos, llegando incluso a ser negativos para algunos modelos. La temperatura máxima también presenta valores altos de correlación en la región Orinoquia, el norte de la región Caribe y el noroccidente de la Amazonia, mientras que, para la región Andina y Pacífica estos valores son bajos (Figura 11). Por último, para la temperatura mínima, solamente se tienen altos valores de correlación (superiores a 0,6) en la región Caribe y parte de la región Andina central, mientras que, para el sur y norte de esta región y para la región Pacífica se tienen valores bajos, llegando a ser negativos en algunas áreas (Figura 12).

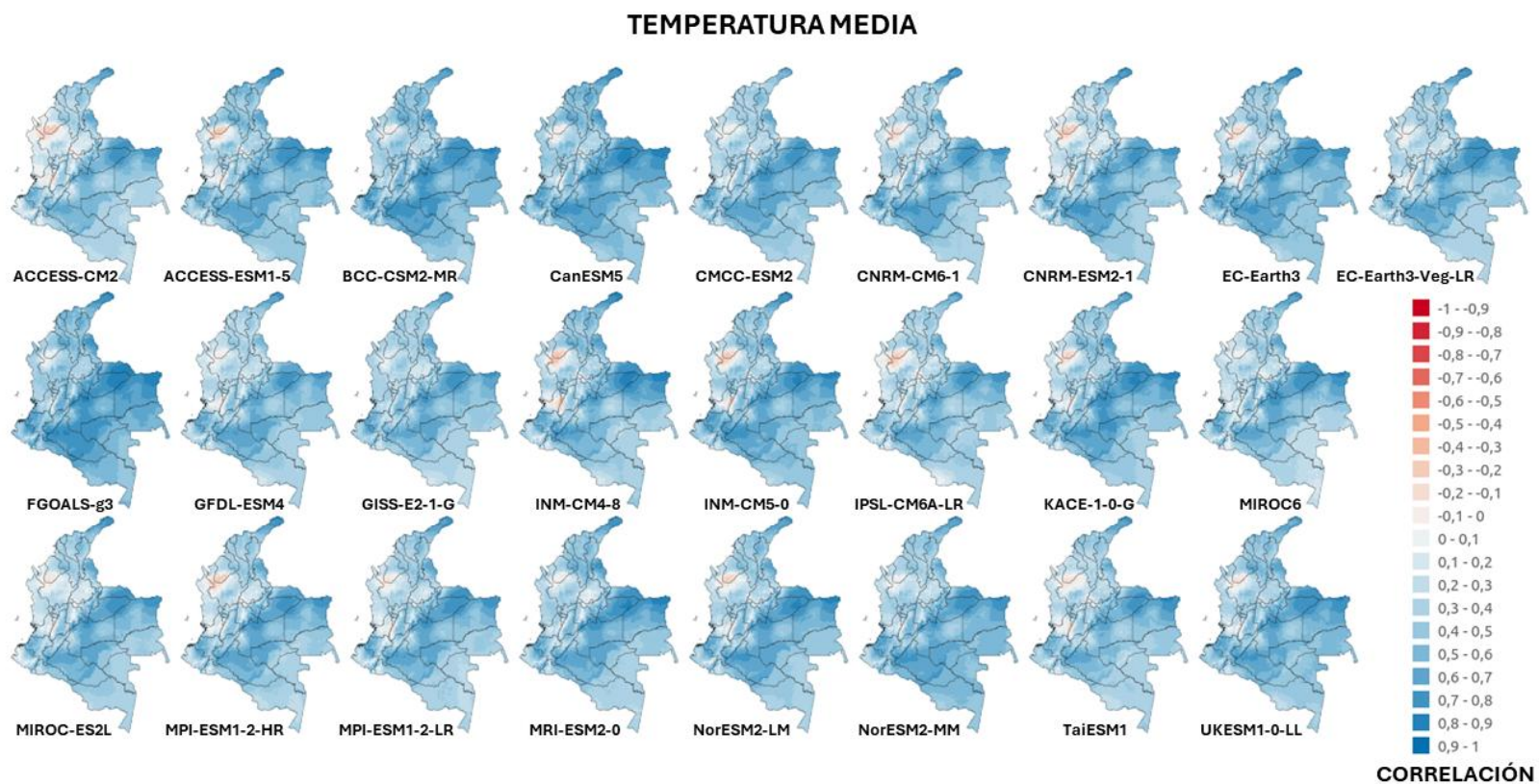
Al agrupar los valores de correlación en las 14 regiones pluviométricamente homogéneas y marcar aquellas que los tengan dentro de los umbrales definidos por el test T de Student, la mayoría de los modelos climáticos globales presentaron buenos valores para la precipitación (Figura 13), y solamente 2 o 3 de ellos con baja representatividad para el Catatumbo y la región natural Amazonia. En el caso de la temperatura media, los casos en los que algunos de los modelos mostraron valores bajos de correlación se dieron en la región natural Amazonia, algunos sectores de la región Orinoquia y Caribe, y solamente un modelo (ACCESS-CM2) presentó valores bajos para gran parte del país (Figura 14). Para la temperatura máxima (Figura 15), algunos de los modelos presentaron valores bajos en las regiones ubicadas en la región natural Pacífica, y 2 de ellos en la región Andina central. Por último, para la temperatura mínima, 2 o 3 modelos tuvieron baja representatividad para algunas zonas de las regiones naturales Orinoquia y Amazonia (Figura 16).

Figura 9. Niveles de correlación de la precipitación de los 25 modelos climáticos globales para Colombia, en comparación con los datos del periodo 1981-2014 del Cubo de Datos.



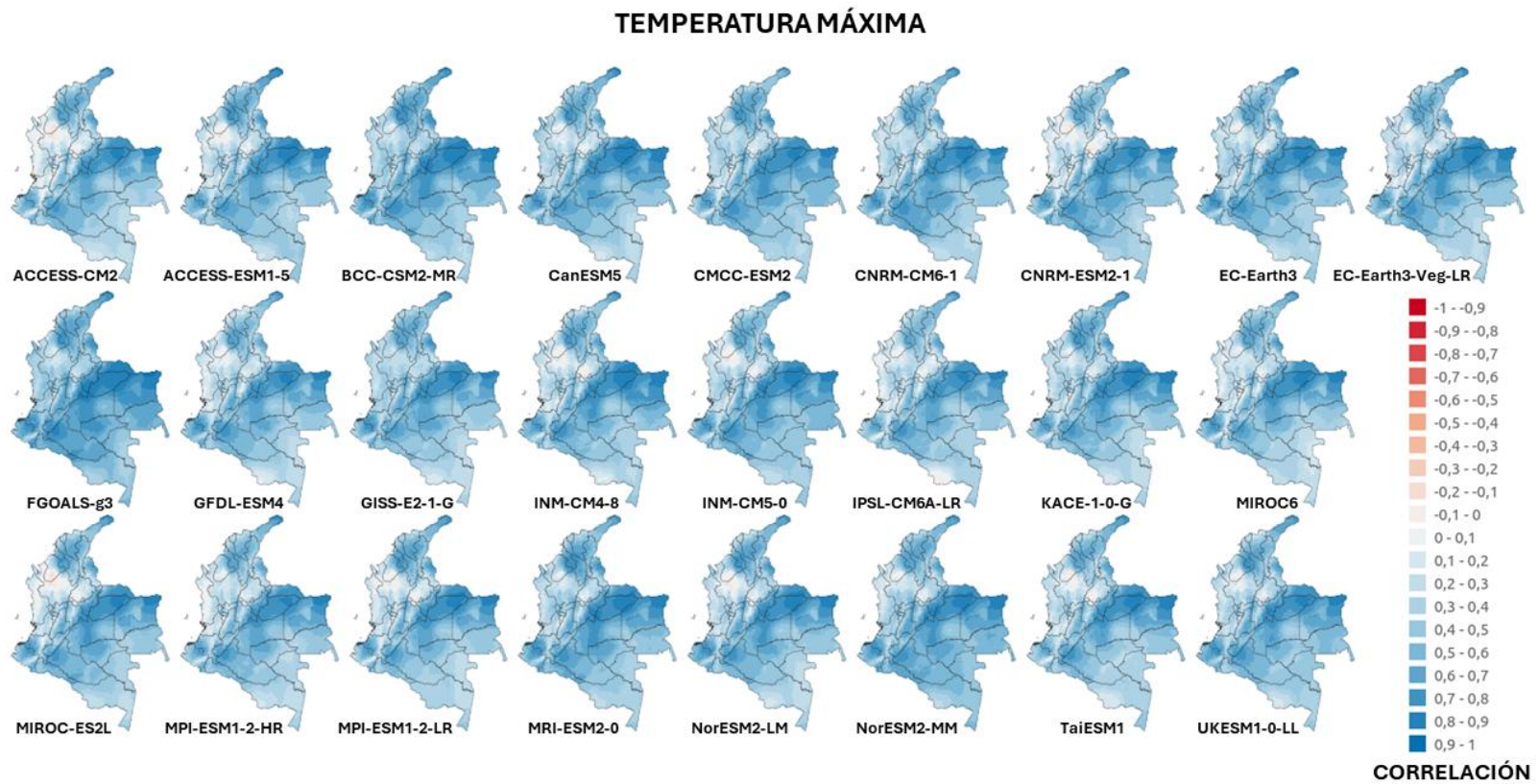
Fuente: (IDEAM, 2024)

Figura 10. Niveles de correlación de la temperatura media de los 25 modelos climáticos globales para Colombia, en comparación con los datos del periodo 1981-2014 del Cubo de Datos.



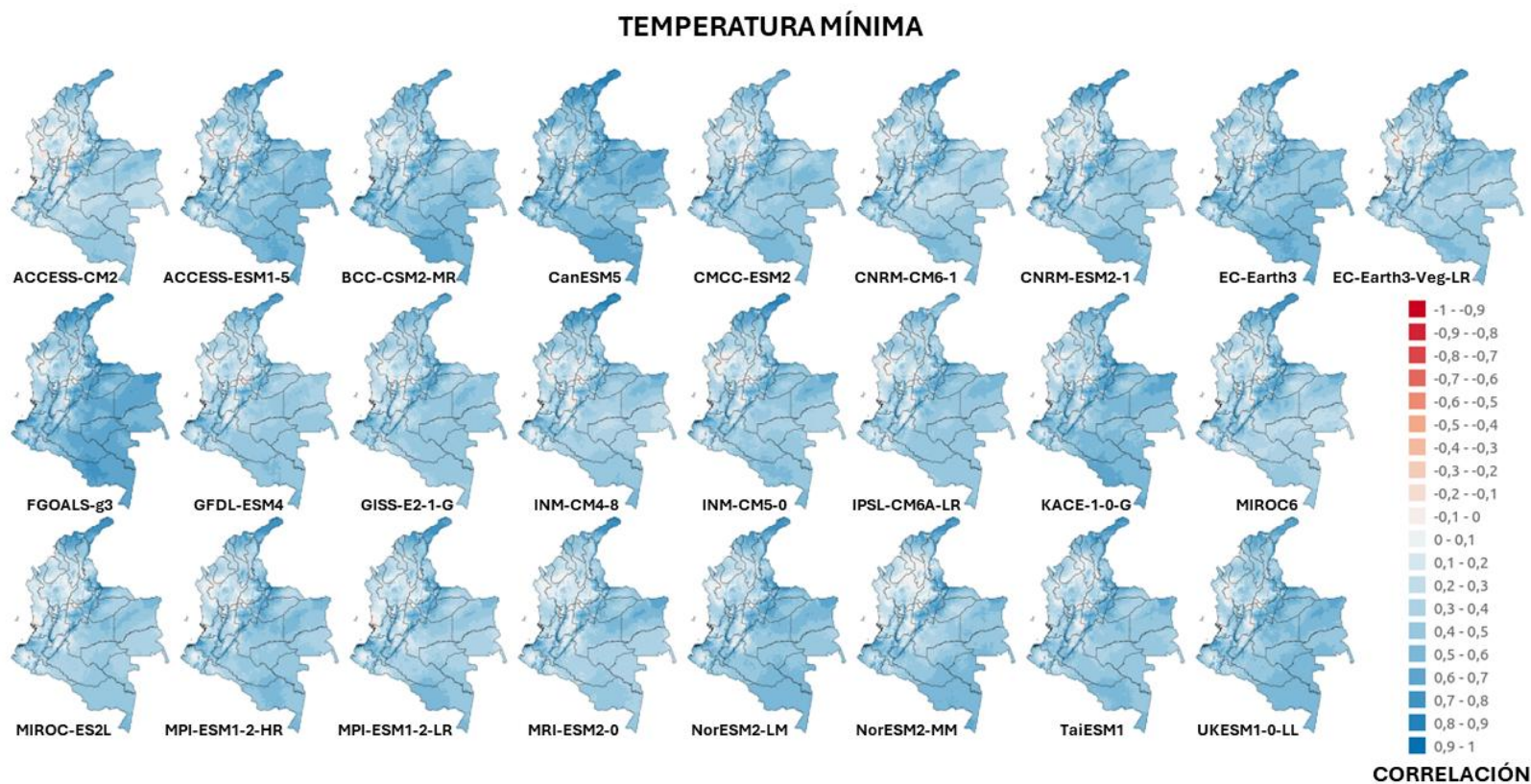
Fuente: (IDEAM, 2024)

Figura 11. Niveles de correlación de la temperatura máxima de los 25 modelos climáticos globales para Colombia, en comparación con los datos del periodo 1981-2014 del Cubo de Datos.



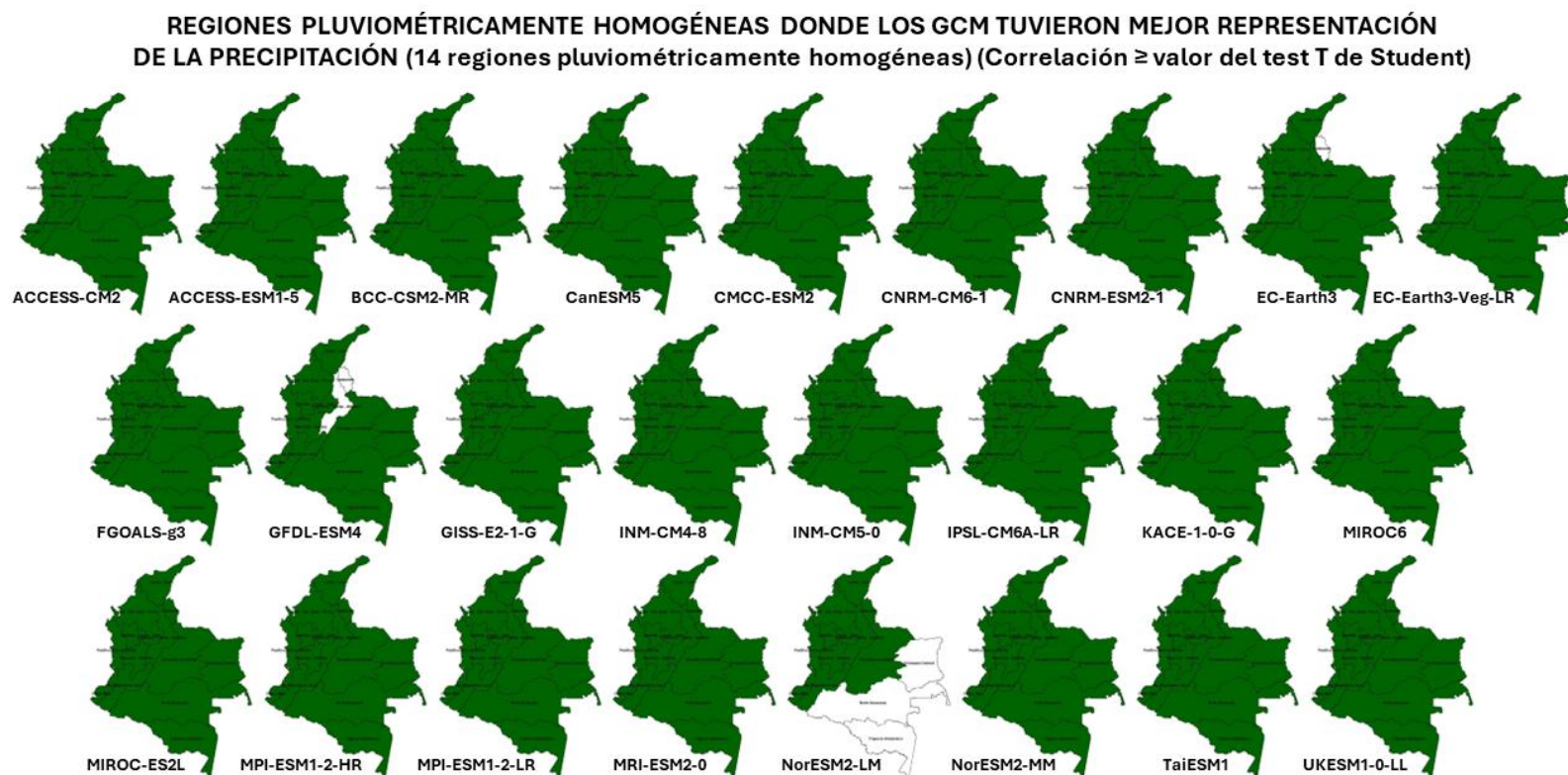
Fuente: (IDEAM, 2024)

Figura 12. Niveles de correlación de la temperatura mínima de los 25 modelos climáticos globales para Colombia, en comparación con los datos del periodo 1981-2014 del Cubo de Datos.



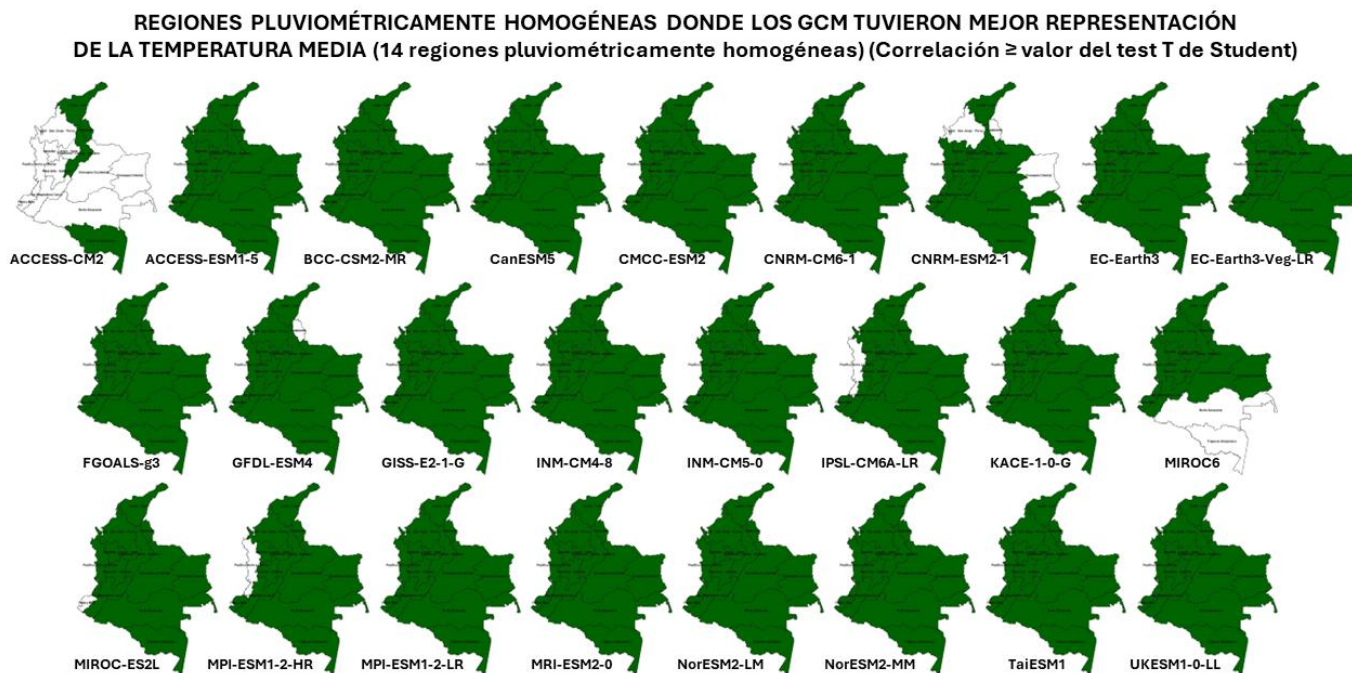
Fuente: (IDEAM, 2024)

Figura 13. 14 regiones pluviométricamente homogéneas con niveles de correlación igual o superior a los umbrales definidos por el test T de Student para precipitación, de los 25 modelos climáticos globales para Colombia en comparación con los datos del periodo 1981-2014 del Cubo de Datos.



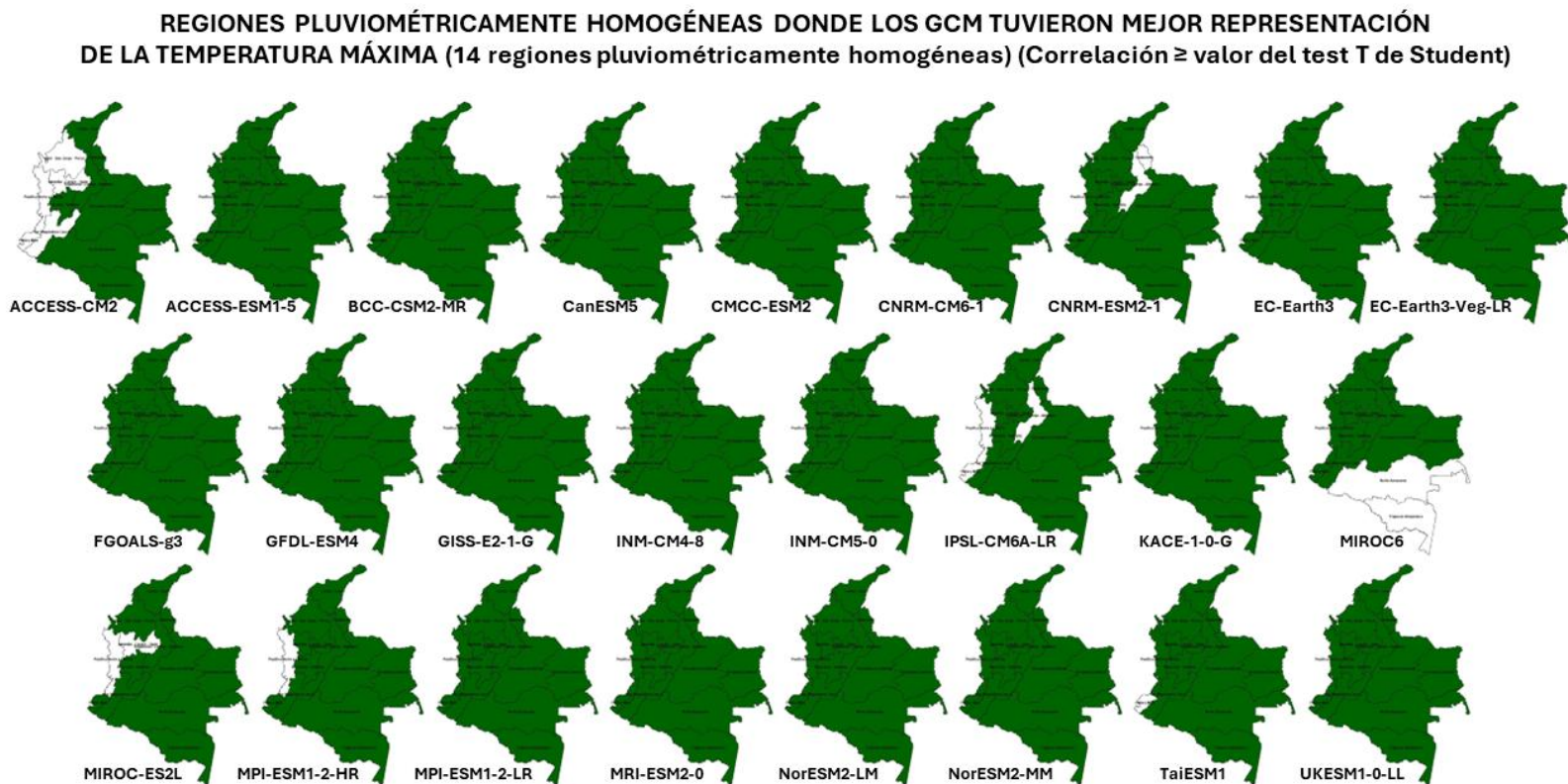
Fuente: (IDEAM, 2024)

Figura 14. 14 regiones pluviométricamente homogéneas con niveles de correlación igual o superior a los umbrales definidos por el test T de Student para temperatura media, de los 25 modelos climáticos globales para Colombia en comparación con los datos del periodo 1981-2014 del Cubo de Datos.



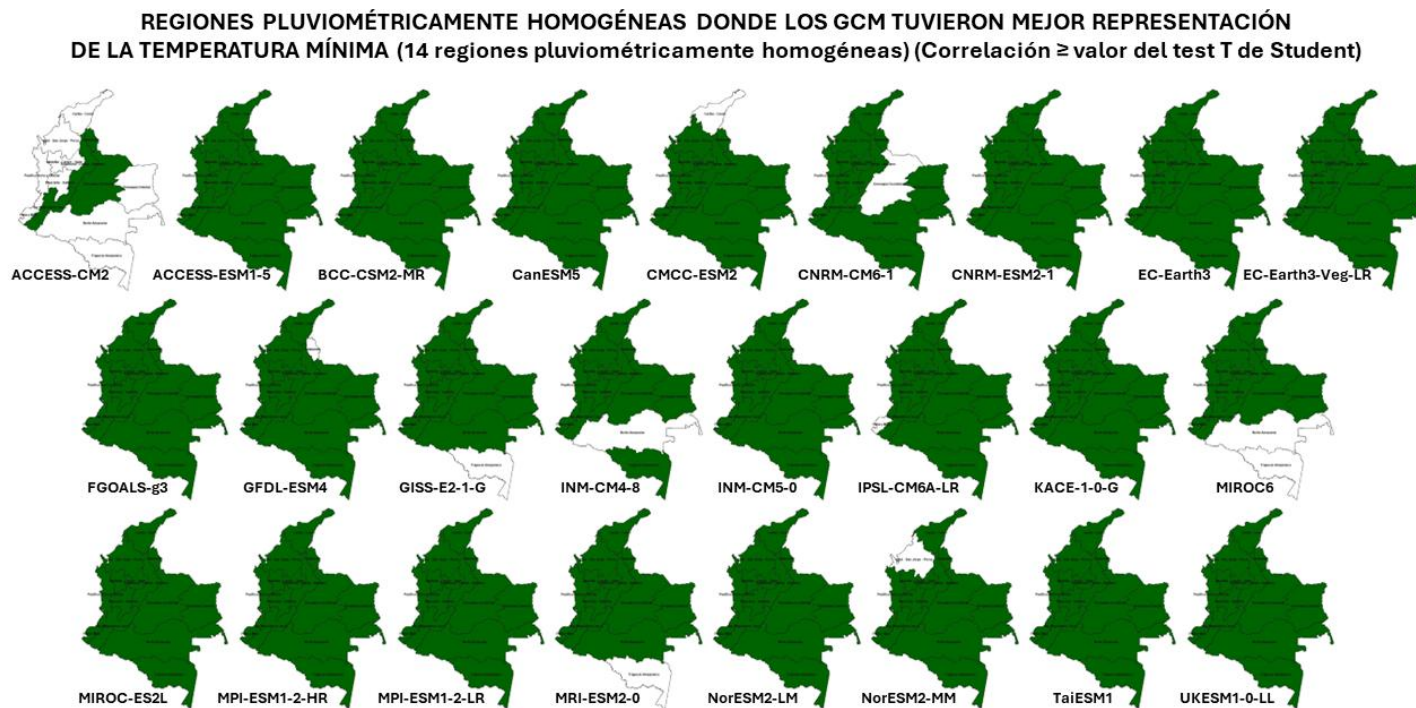
Fuente: (IDEAM, 2024)

Figura 15. 14 regiones pluviométricamente homogéneas con niveles de correlación igual o superior a los umbrales definidos por el test T de Student para temperatura máxima, de los 25 modelos climáticos globales para Colombia en comparación con los datos del periodo 1981-2014 del Cubo de Datos.




Fuente: (IDEAM, 2024)

Figura 16. 14 regiones pluviométricamente homogéneas con niveles de correlación igual o superior a los umbrales definidos por el test T de Student para temperatura mínima, de los 25 modelos climáticos globales para Colombia en comparación con los datos del periodo 1981-2014 del Cubo de Datos.



 <p>IDEAM</p>	<p><b>Generación de conocimiento e investigación</b></p> <p><b>Guía metodológica de la elaboración de los escenarios de cambio climático de la Cuarta Comunicación Nacional de Cambio Climático de Colombia</b></p>	<p><b>Código:</b> GCI-G004 <b>Versión:</b> 01 <b>Fecha:</b> 25/03/2026</p>
--	---	--

Fuente: (IDEAM, 2024)


	<b>Generación de conocimiento e investigación</b> <b>Guía metodológica de la elaboración de los escenarios de cambio climático de la Cuarta Comunicación Nacional de Cambio Climático de Colombia</b>	<b>Código:</b> GCI-G004 <b>Versión:</b> 01 <b>Fecha:</b> 25/03/2026
---	--	---

El análisis presentado anteriormente, tomando en cuenta el criterio de evaluación de los valores las correlaciones de cada modelo para cada variable y mostrando las regiones para los cuales cada uno de ellos sería representativo, se realizó con el fin no solamente de tener criterios robustos para la selección de los modelos climáticos globales a utilizar en los escenarios para la Cuarta Comunicación Nacional de Colombia, sino también mostrar varios aspectos relevantes que suceden con frecuencia en los procesos de evaluación, por ejemplo, el que puedan llegar a tener zonas en el país sin ningún modelo climático global que sea "representativo" según la forma en la que se evalúe su desempeño. En estas situaciones, y teniendo en cuenta que es mandatorio seleccionar al menos un modelo para todo el país, se deben buscar alternativas de evaluación para cumplir con este fin.

De acuerdo con lo anterior, y teniendo en cuenta los resultados por regiones pluviométricamente homogéneas, la selección de los modelos a utilizar se realizó de la siguiente forma:

- *Se aplicó la reducción de escala estadística a todos los 25 modelos climáticos globales para todas las variables climáticas, y en el momento de generar las series únicas de datos para cada una de ellas y para cada escenario SSP a utilizar, se otorgaron las ponderaciones a los modelos según los valores de correlación que hayan presentado para cada pixel con base en los umbrales definidos por el test T de Student, aplicando los siguientes criterios de ponderación:*
  - *Aquellos pixeles con valores altos de esta métrica tienen un mayor peso en el ensamble.*
  - *Aquellos valores bajos (mayores a 0) tienen un peso menor en el mismo.*
  - *Y aquellos con valores negativos o iguales a 0 no hacen parte del ensamble multimodelo.*

Al utilizar el criterio de los umbrales definidos por el test T de Student, y teniendo en cuenta que éstos poseen niveles de confianza del 95%, permite contar con una mayor cantidad de modelos a incorporar en el ensamble, lo que en cierta forma ayuda a

	<b>Generación de conocimiento e investigación</b> <b>Guía metodológica de la elaboración de los escenarios de cambio climático de la Cuarta Comunicación Nacional de Cambio Climático de Colombia</b>	<b>Código:</b> GCI-G004 <b>Versión:</b> 01 <b>Fecha:</b> 25/03/2026
---	--	---

reducir la incertidumbre de las proyecciones al incorporar más modelos, y sin perder la evaluación de la representatividad de éstos del clima de Colombia.


#### 4. Insumos de información generados

El principal insumo de información generado para los escenarios de cambio climático de la Cuarta Comunicación Nacional de Colombia consiste en las series futuras por escenario y variable a escala diaria, que permitan analizar cambios en los eventos extremos, así como permitir el uso de los datos en otras aplicaciones (modelación hidrológica, agrícola, etc.). Estas series se generaron para el periodo futuro 2021-2100, para los 4 escenarios SSP (SSP 1-2.6, SSP 2-4.5, SSP 3-7.0 y SSP 5-8.5) y teniendo como periodo histórico de referencia 1981-2010.

Con estos datos, se generaron series mensuales y anuales (derivadas de los datos diarios generados), con las cuales se analizaron los cambios mensuales, estacionales y anuales que se darían para cada escenario y variable climática, en 4 periodos futuros de referencia: 2021-2040, 2041-2060, 2061-2080 y 2081-2100. Estos análisis junto con la metodología detallada utilizada para la generación de las proyecciones futuras hacen parte del estudio técnico completo de los escenarios, el cual es el insumo principal para la elaboración de las diferentes publicaciones y resúmenes del componente de las proyecciones climáticas de la Cuarta Comunicación.

Adicionalmente, se generaron mayores insumos de información a los generados en la Tercera Comunicación Nacional. Algunos de estos insumos son los siguientes:

- Series a escala diaria por pixel, variable y escenario en formatos más “amigables” (Excel, CSV, NetCDF, ...)
- Tablas en formato CSV y Excel con los cambios futuros proyectados por variable, escenario y periodo
- Capas cartográficas en formato ráster categorizadas y no categorizadas, que sean independientes de la herramienta SIG que se quiera utilizar. Estas capas se generaron para cada escenario a escala nacional y departamental, con el fin

	<b>Generación de conocimiento e investigación</b> <b>Guía metodológica de la elaboración de los escenarios de cambio climático de la Cuarta Comunicación Nacional de Cambio Climático de Colombia</b>	<b>Código:</b> GCI-G004 <b>Versión:</b> 01 <b>Fecha:</b> 25/03/2026
---	--	---


de que puedan ser utilizadas por diferentes entidades y proyectos que trabajen a escalas subnacionales y/o regionales.

Todos los insumos de información de los Escenarios de Cambio Climático de la Cuarta Comunicación Nacional de Colombia se encuentran actualmente disponibles en el Story Map diseñado para ellos, el cual se encuentra en el siguiente enlace: <https://visualizador.ideam.gov.co/portal/apps/storymaps/stories/660ec48de9454157b54adc074b1f38fd>

## 5. Aspectos para tener en cuenta

Para el desarrollo de esta metodología, un aspecto que ha sido muy importante es el de dar una mayor participación a los diferentes usuarios (actuales y potenciales) de los escenarios de cambio climático. Como parte de este proceso, se han realizado talleres con el IDEAM, con la academia y con entidades externas, en los cuales se ha contextualizado en lo que son los escenarios, sus usos, no usos, alcances y limitaciones, y se ha presentado el trabajo realizado en la generación de los escenarios de cambio climático de las anteriores comunicaciones nacionales con las lecciones aprendidas en el mismo. De estos talleres se logró recopilar los principales requerimientos y necesidades de información, con los cuales se desarrolló la metodología del presente documento.


Otro aspecto muy importante a tener en cuenta es el tiempo con el que se cuenta para la generación de los escenarios de cambio climático de la Cuarta Comunicación Nacional de Colombia. Dado que la misma tiene un horizonte de desarrollo de 4 años, y teniendo en cuenta que los escenarios es uno de los insumos para la determinación de la vulnerabilidad y riesgo por cambio climático para el país (el cual es otro análisis que lleva más tiempo), estas proyecciones deben estar listas entre 9 y 12 meses después de iniciado oficialmente el proceso de elaboración de la Cuarta Comunicación. Por esta razón, y con base en los requerimientos de información dados por diferentes entidades y usuarios, se propuso una metodología que se pudiera desarrollar en el

	<b>Generación de conocimiento e investigación</b> <b>Guía metodológica de la elaboración de los escenarios de cambio climático de la Cuarta Comunicación Nacional de Cambio Climático de Colombia</b>	<b>Código:</b> GCI-G004 <b>Versión:</b> 01 <b>Fecha:</b> 25/03/2026
---	--	---

tiempo previsto, y con la que se pudieran generar la mayor cantidad de insumos de información posible que sean útiles a diferentes usuarios, con el fin que éstos cuenten con ella para sus diferentes proyectos y trabajos a diferentes escalas subnacionales.


Algo que se ha visto en las lecciones aprendidas durante el desarrollo de los escenarios de las comunicaciones nacionales anteriores es el aspecto relacionado con la forma de comunicar los resultados a los diferentes tipos de usuarios. Si bien se han tenido muy buenos insumos técnicos y metodologías robustas para la generación de los escenarios de cambio climático, desafortunadamente esta rigurosidad científica y técnica se ha dañado en el momento de hacer la entrega tanto de la información como de las diversas publicaciones a los usuarios en general. Dos claros ejemplos de esta situación han sido la entrega de los datos crudos (sin procesar) de las salidas del modelo utilizado en la Segunda Comunicación Nacional, y la elaboración de “ensambles multiescenario” para reducir el tamaño de las publicaciones a entregar al público en general. Para evitar repetir estos errores, en la elaboración de los escenarios de cambio climático de la Cuarta Comunicación Nacional de Colombia, se debe trabajar en cómo mostrar los escenarios en formas “no tan técnicas”, pero sin que con ello se pierda la rigurosidad científica empleada durante el desarrollo de estos. Algunas ideas que se pueden hacer para tratar de resolver estos aspectos son las siguientes:

- Recopilación de experiencias de entidades que ya han trabajado con temas de cambio climático aplicados en diferentes contextos (Fundación Natura, TNC, CI, CAR, academia, entre otras)
- Lograr que los tomadores de decisión puedan entender y explicar los escenarios, que tengan muy claro que **no son pronósticos** y sin tener que llegar a hacer simplificaciones que generen errores (por ejemplo, ensambles multiescenario o demasiado “amarillismo”)

	<b>Generación de conocimiento e investigación</b> <b>Guía metodológica de la elaboración de los escenarios de cambio climático de la Cuarta Comunicación Nacional de Cambio Climático de Colombia</b>	<b>Código:</b> GCI-G004 <b>Versión:</b> 01 <b>Fecha:</b> 25/03/2026
---	--	---

## 6. Bibliografía

- Almazroui, M., Ashfaq, M., Islam, M., Rashid, I., Kamil, S., Abid, M., . . . Silva-Vidal, Y. (2021). Assessment of CMIP6 performance and projected temperature and precipitation changes over South America. *Earth Systems and Environment*, 5, 155-183. doi:10.1007/s41748-021-00233-6
- Angarita, H., & Yates, D. (2014). *Metodología para incluir variabilidad climática y escenarios de cambio climático en el modelo WEAP de la macro cuenca del magdalena y resultados de las simulaciones*. Reporte presentado dentro del proyecto "ECOSYSTEM BASED ADAPTATION IN THE MAGDALENA BASIN – AID-514-A-13-00004", Bogotá.
- Barrios, J. (2023). *Consolidación y análisis estadístico de series de datos para modelos de cambio climático*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, Proyecto CBIT Transparencia Climática. Fundación Natura – Ideam – PNUD, Bogotá, Colombia.
- Guzmán, D., & Ruíz, J. F. (2013). *Regionalización de Colombia según la estacionalidad de la precipitación media mensual a través del análisis de componentes principales (ACP)*. NOTA TÉCNICA, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, Subdirección de Meteorología, Bogotá, Colombia.
- Hersbach, H., Bell, B., Berrisford, P., Hirahara, S., Horányi, A., Muñoz-Sabater, J., . . . Bonavita, M. e. (2020). The ERA5 global reanalysis. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 146(730), 1999–2049. doi:10.1002/qj.3803
- IDEAM. (2024). *Escenarios de cambio climático de la Cuarta Comunicación de Colombia*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - Ideam, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo - PNUD, Fundación Natura y Proyecto GEF-CBIT "Transparencia Climática Colombia", Bogotá D.C., Colombia. doi:ISBN (digital): 978-958-5489-35-6

	<b>Generación de conocimiento e investigación</b> <b>Guía metodológica de la elaboración de los escenarios de cambio climático de la Cuarta Comunicación Nacional de Cambio Climático de Colombia</b>	<b>Código:</b> GCI-G004 <b>Versión:</b> 01 <b>Fecha:</b> 25/03/2026
---	--	---

- IDEAM, PNUD, MADS, DNP, & CANCELLERÍA. (2015). *Escenarios de Cambio Climático para Precipitación y Temperatura en Colombia - Estudio Técnico Completo*.
- IDEAM; PNUD; MADS; DNP; Cancillería. (2017). *Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático de Colombia*. Bogotá, Colombia. Obtenido de [http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023731/TCNCC\\_COLOMBIA\\_CMNUCC\\_2017\\_2.pdf](http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023731/TCNCC_COLOMBIA_CMNUCC_2017_2.pdf)
- IPCC. (2012). Resumen para responsables de políticas en el Informe especial sobre la gestión de los riesgos de fenómenos meteorológicos extremos y desastres para mejorar la adaptación al cambio climático. En I. P. CHANGE, *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Cambridge, United Kingdom and New York, USA.: Cambridge University Press. Obtenido de [https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srex/IPCC\\_SREX\\_ES\\_web.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srex/IPCC_SREX_ES_web.pdf)
- IPCC. (2014). *Cambio climático 2014 mitigación del cambio climático*. Suiza: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.
- IPCC. (2021). *Cambio climático 2021: Bases científicas físicas*. Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, EE. UU.: Cambridge University Press.  
doi:10.1017/9781009157896
- IPCC, I. P. (2013). *Cambio Climático 2013: Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. Cambridge University Press.

## 7. Control de cambios

Versión	Fecha	Descripción
01	25/03/2026	Creación del documento.