



Ambiente



IDEAM



Guía metodológica armonizada para el monitoreo de la degradación de suelos y desertificación

Casos Colombia, Argentina y España



Implementado por giz



Subsecretaría de Ambiente



Ambiente



IDEAM



Guía metodológica armonizada para el monitoreo de la degradación de suelos y desertificación

Casos Colombia, Argentina y España



Implementado por giz



Subsecretaría de Ambiente

Presidencia de la República de Colombia

Gustavo Francisco Petro Urrego

Presidente de la República de Colombia

Francia Elena Márquez Mina

Vicepresidenta de la República de Colombia

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

Consejo Directivo Ideam

Luz Dary Carmona Moreno

Viceministra (e) de Ordenamiento Ambiental del Territorio

Paola Ricaurte Ayala

Asesora de la Dirección de Ambiente y Desarrollo Sostenible - Departamento Nacional de Planeación (DNP)

Elkin Ernesto Ramírez Niño

Director técnico de la Dirección Técnica Geoestadística - Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE)

Giovannys Medrano Martínez

Director general - Corporación para el Desarrollo Sostenible de La Mojana y el San Jorge (Corpomojana)

Liliana María Ospina Arias

Viceministra de Infraestructura (representación de la ministra de Transporte)

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam)

Ghisliane Echeverry Prieto

Directora general

Juan Fernando Acosta Mirkow

Secretario general

Fabio Andrés Bernal Quiroga

Subdirector de Hidrología

Elizabeth Patiño Correa

Subdirectora de Estudios Ambientales

Julio César León Luquez

Subdirector (e) de Ecosistemas e Información Ambiental

Diana Carolina Rueda Dimate

Subdirectora de Meteorología

Jennifer Dorado Delgado

Jefa de Oficina del Servicio de Pronóstico y Alertas

Olga Marcela Vargas Valenzuela

Jefa de Oficina Asesora de Planeación

Wilmer Espitia Muñoz

Jefe de Oficina de Informática

Gilberto Antonio Ramos Suárez

Jefe de Oficina Asesora Jurídica

Adriana María Ocampo Loaiza

Jefa de Oficina de Control Interno

Miguel Ángel Ayala Tovar

Coordinador del Grupo de Comunicaciones y Prensa

Mecanismo Tripartito de Cooperación Triangular Colombia - Unión Europea - Alemania

Agencia Presidencial de Cooperación Internacional de Colombia (APC Colombia)

Unión Europea, Programa de Cooperación Triangular Adelante 2

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, implementadora del Fondo Regional para la Cooperación Triangular con Socios de América Latina y el Caribe

Proyecto “Monitoreo y seguimiento de la degradación de suelos y la desertificación en Colombia y Argentina, con el apoyo técnico de España para contribuir con la seguridad alimentaria en un contexto de pospandemia”

Instituciones ejecutoras

Colombia

Ministerio de Ambiente y Desarrollo

Sostenible

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam), Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental, Grupo de Suelos y Tierras

Argentina

Subsecretaría de Ambiente de la Secretaría de Turismo y Ambiente, Coordinación de Ecosistemas

España

Agencia Estatal Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), a través de su Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura (CEBAS-CSIC)

Coordinación institucional - Ideam

Julio César León Luquez

Subdirector (e) de Ecosistemas e Información Ambiental - Ideam

Paola Bernal Cortés

Oficina de Cooperación y Asuntos Internacionales - Ideam

Nidia Cristina Mayorga Ulloa

Coordinadora del Grupo de Suelos y Tierras, Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental - Ideam

Coordinación institucional - Mecanismo Tripartito de Cooperación Triangular APC Colombia/GIZ/UE

Sandra Viviana Zamora Rivera

DV - proyecto “Monitoreo y seguimiento de la degradación de suelos y la desertificación en Colombia y Argentina, con el apoyo técnico de España para contribuir con la seguridad alimentaria en un contexto de pospandemia”, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Laura Sofía García Velásquez

Asesora técnica - proyecto “Monitoreo y seguimiento de la degradación de suelos y la desertificación en Colombia y Argentina, con el apoyo técnico de España para contribuir con la seguridad alimentaria en un contexto de pospandemia”, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Sebastián Sánchez Guerrero

Encargado de Cooperación Triangular y Alianzas Estratégicas, Agencia Presidencial de Cooperación Internacional de Colombia (APC Colombia)

Dirección y coordinación técnica

Reinaldo Sánchez López

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam), Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental, Grupo de Suelos y Tierras

Sandra Viviana Zamora Rivera

DV - proyecto “Monitoreo y seguimiento de la degradación de suelos y la desertificación en Colombia y Argentina, con el apoyo técnico de España para contribuir con la seguridad alimentaria en un contexto de pospandemia”, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Laura Sofía García Velásquez

Asesora técnica - “Monitoreo y seguimiento de la degradación de suelos y la desertificación en Colombia y Argentina, con el apoyo técnico de España para contribuir con la seguridad alimentaria en un contexto de pospandemia”, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Autores

Javier Otero García

Consultor, Mecanismo Tripartito de Cooperación Triangular Colombia - Unión Europea - Alemania

Reinaldo Sánchez López

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam), Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental, Grupo de Suelos y Tierras

Víctor Castillo Sánchez

Agencia Estatal Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), a través de su Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura (CEBAS-CSIC)

María Laura Corso

Subsecretaría de Ambiente de la Secretaría de Turismo y Ambiente, Coordinación de Ecosistemas

Editores técnicos

Javier Otero García

Consultor, Mecanismo Tripartito de Cooperación Triangular Colombia - Unión Europea - Alemania

Reinaldo Sánchez López

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam), Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental, Grupo de Suelos y Tierras

Equipo Editorial

Andrés Felipe Tapiero Ríos

Coordinación editorial - Grupo de Comunicaciones y Prensa - Ideam

Andrés Barragán

Coordinación editorial - .Puntoaparte Editores

Mateo L. Zúñiga

Dirección de arte - .Puntoaparte Editores

Leonardo Realpe

Corrección de estilo - .Puntoaparte Editores

Guillermo Torres Carreño

Dirección de ilustración - .Puntoaparte Editores

Impresión

Colorzen S. A. S.

Cítese como: Otero García, J., Sánchez López, R., Castillo Sánchez, V. y Corso, M. L. (2026). *Guía metodológica armonizada para el monitoreo de la degradación de suelos y desertificación. Casos Colombia, Argentina y España*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).

ISBN (impreso): 978-958-5489-50-9

ISBN (digital): 978-958-5489-51-6

Depósito legal que establece la Ley.



Calle 25 D N.º 96 B - 70 - Bogotá, D. C.

PBX: +57 (601) 352 7160

contacto@Ideam.gov.co

Mayo de 2026, Bogotá, D. C., Colombia

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Domicilios de la Sociedad

Bonn y Eschborn, Alemania

Dirección de Agencia Bogotá

Calle 125 # 19-24, piso 7, Bogotá - Colombia

T +57 1 4325350

E info@giz.de

https://www.giz.de/en/worldwide/132404.html

El proyecto “Monitoreo y seguimiento de la degradación de suelos y la desertificación en Colombia y Argentina, con el apoyo técnico de España para contribuir con la seguridad alimentaria en un contexto de pospandemia” es una iniciativa desarrollada y financiada en el marco del Mecanismo Tripartito de Cooperación Triangular Colombia - Unión Europea - Alemania, bajo una modalidad de cooperación triangular que articula a Colombia, Argentina y España para enfrentar la degradación del suelo y la desertificación mediante el intercambio de conocimientos y el fortalecimiento de capacidades técnicas. El proyecto cuenta con la participación de la Agencia Presidencial de Cooperación Internacional de Colombia (APC-Colombia), la Unión Europea a través del Programa de Cooperación Triangular ADELANTE 2, y el Fondo Regional para la Cooperación Triangular con socios de América Latina y el Caribe, implementado por la Cooperación Alemana (GIZ). En este marco, las fuentes de verificación documentan los resultados, productos y aprendizajes generados, evidenciando el valor agregado de la cooperación triangular para fortalecer la seguridad alimentaria, la gestión sostenible del suelo y la resiliencia de los territorios. El contenido de esta publicación es responsabilidad exclusiva de los autores y en ningún caso debe considerarse que refleja los puntos de vista del Mecanismo Tripartito de Cooperación Triangular.

Presentación

La pandemia del Covid-19 ha sido uno de los acontecimientos más importantes de este periodo, que ocasionó una grave crisis mundial a nivel social y económico. El encierro y el confinamiento permitieron un tiempo para reflexionar sobre las relaciones entre la humanidad y la naturaleza. Es evidente que esta crisis mundial resaltó el tema del uso de los recursos naturales, la degradación de las tierras y la incertidumbre en la seguridad alimentaria, en particular en países de América Latina.

En 2021, Colombia y Argentina tomaron la iniciativa de formular un proyecto para aunar esfuerzos y abordar el tema de la degradación de suelos y de la desertificación en estos países, considerando las consecuencias de la pandemia a nivel socioeconómico y la oportunidad de mejorar los sistemas productivos de forma sostenible. Así, se formuló el proyecto de cooperación triangular “Monitoreo y seguimiento de la degradación de suelos y la desertificación en Colombia y Argentina para contribuir con la seguridad alimentaria en un contexto de pospandemia”. El mecanismo de cooperación triangular que enmarca el proyecto promueve una conversación horizontal en la que las partes tienen la posibilidad de aprender unas de otras y compartir sus conocimientos y recursos. A su vez, este mecanismo permite generar resultados que son trascendentes, no solo por su relevancia en cada país cooperante, sino también por la generación de confianza entre las partes, lo que fortalece los vínculos a futuro y posibilita la continuidad de la cooperación.

El proyecto se desarrolla en el marco de los siguientes campos de acción: armonizar las metodologías y protocolos para el monitoreo y seguimiento de los procesos de degradación de los suelos y desertificación; elaborar el Estudio Nacional de la Degradación de Suelos y Desertificación; y elaborar el documento con las guías de prácticas de manejo sostenible de tierras, cuyo enfoque estará puesto en la degradación de suelos y la desertificación.

Este documento es el esfuerzo conjunto de los tres países, Colombia, Argentina y España, donde se compilan y analizan las herramientas metodológicas utilizadas en cada país y se presenta una propuesta metodológica armonizada como referente para mejorar la capacidad técnica de los países en torno a la generación y gestión del conocimiento; la producción de información relevante sobre la degradación de los suelos y la desertificación; la identificación de medidas para prevenir, revertir y neutralizar la degradación de los suelos y la desertificación; y la respuesta a los nuevos desafíos resultantes de la pandemia, la variabilidad, el cambio climático y la degradación de la tierra.



Foto. Sistemas de cultivos permanentes en ladera
Ubicación. Chitaga, Norte de Santander, Colombia
Autor. Javier Otero García

Contenido

1

Introducción

Página 8

2

Objetivo

Página 12

2.1 Objetivo general

Página 14

2.2 Objetivos específicos

Página 14

2.3 Alcance

Página 15

3

Contexto

Página 16

3.1 Marco conceptual

Página 19

3.2 Importancia ambiental de los suelos

Página 21

3.3 Estado actual de la degradación de suelos y desertificación

Página 24

4

Enfoques y herramientas metodológicos para el monitoreo de la degradación de tierras y desertificación

Página 44

4.1 Enfoques desde la CNULD

Página 46

4.2 Enfoque desde Europa (Unión Europea – Caso España)

Página 52

4.3 Marco de referencia y metodológico FPEIR

Página 59

4.4 Enfoques y metodologías - Argentina

Página 62

4.5 Enfoques y metodologías - Colombia

Página 67

5

Análisis de indicadores

Página 72

5.1 Indicadores propuestos por la CNULD (OE1)

Página 75

5.2 Análisis de indicadores para Argentina

Página 78

5.3 Análisis de indicadores para Colombia

Página 80

6

Armonización y guía metodológica

Página 82

6.1 Elementos para la armonización metodológica

Página 84

6.2 Metodología armonizada

Página 86

7

Conclusiones y recomendaciones

Página 132

8

Referencias bibliográficas

Página 136



1

Introducción





Foto. Ganadería de pastoreo en laderas de zonas secas
Ubicación. Nilo, Cundinamarca, Colombia
Autor. Javier Otero García

Según la Convención de las Naciones Unidas para la Lucha contra la Desertificación y la Sequía (CNULD, por su sigla en español; UNCCD, por su sigla en inglés), la degradación de la tierra y la sequía son algunos de los problemas ambientales más importantes del planeta. Cerca del 40 % de la superficie continental se encuentra degradada. El crecimiento demográfico y los modelos de producción y consumo insostenibles incrementan la demanda de recursos naturales, lo que genera una presión excesiva sobre la tierra y conduce a su degradación.

El monitoreo de la calidad del suelo es esencial para la toma de decisiones y la planificación territorial, ya que proporciona datos precisos sobre la salud y el estado de los suelos, y permite gestionar de manera más eficiente los recursos naturales. La CNULD, a través de su Marco Estratégico 2018-2030, resalta que el seguimiento sistemático de la degradación de tierras es crucial para alcanzar la neutralidad en la degradación de tierras (NDT) y garantizar su uso sostenible, lo que contribuye a mitigar los efectos de la desertificación y el cambio climático (CNULD, 2018). Por tanto, el monitoreo efectivo del suelo constituye una herramienta indispensable para la planificación territorial orientada a equilibrar el desarrollo económico con la conservación de los recursos naturales. Además, el monitoreo permite ajustar políticas y estrategias de uso del suelo en los niveles local y nacional, y promueve una planificación territorial basada en evidencia científica.

Considerando esta situación, Colombia, Argentina y España han desarrollado trabajos para la identificación y evaluación de los procesos de degradación de suelos y de desertificación, generando herramientas para su monitoreo y seguimiento. Con base en estas experiencias, se formuló el proyecto “Monitoreo y seguimiento de la degradación de suelos y la desertificación en Colombia y Argentina para contribuir con la seguridad alimentaria en un contexto de pospandemia”. El principal objetivo del proyecto es fortalecer las capacida-

des para el monitoreo y seguimiento de los procesos de degradación de suelos y desertificación, como aporte a la seguridad alimentaria y a la conservación de los servicios ecosistémicos en Colombia y Argentina.

El proyecto técnicamente fue implementado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) de Colombia; la Subsecretaría de Ambiente de la Secretaría de Turismo y Ambiente (Argentina); y con el apoyo de España a través del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). El proyecto tiene cuatro objetivos generales; uno de ellos se relaciona con la armonización de metodologías y protocolos para el monitoreo y seguimiento de los procesos de degradación de suelos y desertificación.

Este documento tiene como propósito analizar los instrumentos metodológicos y protocolos utilizados por estos países y proponer una guía metodológica armonizada que resalte los aspectos más relevantes a tener en cuenta para el monitoreo de la degradación de suelos y la desertificación. El documento se desarrolla en diversos capítulos: i. Introducción, ii. Objetivo, iii. Contexto, que parte de conceptos clave de degradación de suelos y desertificación y presenta la situación actual de estos procesos a nivel mundial, regional y nacional para los países involucrados; iv. Enfoques y herramientas metodológicos para el monitoreo de la degradación de tierras y desertificación, elaborados desde la Convención (CNULD), la Unión Europea, Argentina y Colombia; v. Análisis de indicadores, formulados y calculados por la Convención, Colombia y Argentina; vi. Armonización y guía metodológica, que contiene etapas y actividades para identificar, zonificar, caracterizar, evaluar y monitorear la degradación de suelos y la desertificación a nivel nacional y local, además de lineamientos metodológicos para la gestión y manejo sostenibles en áreas afectadas por la desertificación; vii. Conclusiones y recomendaciones; y viii. Referencias bibliográficas.

2

Objetivo

- 2.1 Objetivo general
Página 14
- 2.2 Objetivos específicos
Página 14
- 2.3 Alcance
Página 15



Foto. Sistemas de producción de piña
Ubicación. Lebrija, Santander
Autor. Javier Otero García

2.1 Objetivo general

Presentar una guía metodológica armonizada a partir del análisis de herramientas metodológicas utilizadas en Argentina, Colombia y España para el monitoreo de la degradación de suelos y la desertificación.

2.2 Objetivos específicos

- Realizar una revisión y análisis de los enfoques metodológicos utilizados para el monitoreo de la degradación de tierras en Argentina, Colombia y España.
- Evaluar los aspectos relevantes de las herramientas metodológicas más utilizadas en el monitoreo y seguimiento de la degradación de tierras y la desertificación en estos países.
- Armonizar los aspectos metodológicos más importantes que permitan generar una guía que contribuya al monitoreo de la degradación de tierras y la desertificación.

2.3 Alcance

Este documento tiene como propósito presentar un análisis de las herramientas e instrumentos utilizados en Argentina, Colombia y España para la gestión del monitoreo y seguimiento de la degradación de suelos y la desertificación, de acuerdo con diferentes metodologías y protocolos elaborados en cada uno de los países, con el fin de ofrecer a la comunidad técnica y científica experiencias que se constituyan en oportunidades para abordar la problemática de la desertificación y generar documentos de apoyo para los tomadores de decisiones en la lucha contra la degradación de tierras.

La lucha contra la degradación de suelos y la desertificación ha requerido la formulación de metodologías que permitan la identificación, zonificación, evaluación y monitoreo de esta problemática. Argentina, Colombia y España han desarrollado diversas herramien-

tas metodológicas según las condiciones particulares de cada país, considerando la identificación del estado actual, las causas que generan los procesos de degradación y la estructura institucional y de gobierno encargada de abordar esta temática.

Este documento resalta las experiencias más relevantes, la valoración de las herramientas e instrumentos utilizados y presenta a la región opciones de metodologías y protocolos para el monitoreo de la degradación de suelos y la desertificación. Es posible que, con el tiempo, estas herramientas se conviertan en referentes de uso en distintos países y se elabore una guía o protocolo más amplio para la región.

3

Contexto

- 3.1 Marco conceptual
Página 19
- 3.2 Importancia ambiental de los suelos
Página 21
- 3.3 Estado actual de la degradación de suelos y desertificación
Página 24





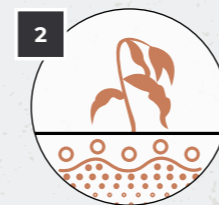
Foto. Erosión muy severa en cárcavas
Ubicación. Agua de Dios, Cundinamarca, Colombia
Autor. Javier Otero García

3.1 Marco conceptual

La Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación y la Sequía (CNULD) define los conceptos de desertificación, degradación de tierras, suelo, sequía y otros términos técnicos. Los países miembros pueden modificar y adaptar estos conceptos de acuerdo con sus características biofísicas y socioeconómicas particulares. A continuación, se presentan algunas de estas definiciones y las adaptaciones realizadas en Argentina, Colombia y España, como país miembro de la Unión Europea.



Según la CNULD, la **desertificación** es la degradación de las tierras en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, resultante de diversos factores, como las variaciones climáticas y las actividades humanas (CNULD, 1993).



La **degradación de las tierras** es la reducción o la pérdida de la productividad biológica o económica y la complejidad de las tierras agrícolas de secano, las tierras de cultivo de regadío, las dehesas, los pastizales, los bosques y las tierras arboladas, ocasionada en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas por los sistemas de utilización de la tierra o por uno o varios procesos, incluidos los resultantes de actividades humanas y patrones de poblamiento, como la erosión del suelo causada por el viento o el agua; el deterioro de

las propiedades físicas, químicas, biológicas o productivas del suelo, y la pérdida a largo plazo de la vegetación natural (CNULD, 1993).

Una definición más actual sobre la degradación de la tierra la describe como una tendencia negativa en la condición de la tierra, causada por procesos directos o indirectos inducidos por el ser humano, incluido el cambio climático antropogénico, que se expresa como una reducción o pérdida a largo plazo de al menos uno de los siguientes aspectos: productividad biológica, integridad ecológica o valor para los seres humanos (Olsson, 2019).



La **lucha contra la desertificación** comprende las actividades que forman parte del aprovechamiento integrado de la tierra en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas para el desarrollo sostenible y que tienen por objeto:

- Prevenir o reducir la degradación de las tierras.
- Rehabilitar tierras parcialmente degradadas.
- Recuperar tierras desertificadas.
- Alcanzar la neutralidad en la degradación.



Las **zonas áridas, semiáridas y subhúmedas** secas son aquellas en las que la proporción entre la precipitación anual y la evapotranspiración potencial está comprendida entre 0,05 y 0,65, excluidas las regiones polares y subpolares (CNULD, 1993).

Argentina adopta en general los conceptos de la CNULD, partiendo de la identificación de zonas de afectación correspondientes a las zonas áridas, semiáridas y

subhúmedas secas, bajo el criterio del índice de aridez, y entiende la desertificación como la degradación integral de la tierra, con procesos físicos, químicos o biológicos. Según la guía *Herramientas para la lucha contra la desertificación, degradación de tierras y sequías* (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2019), la desertificación se define como la degradación de las tierras de zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas resultante de diversos factores, como las variaciones climáticas y las actividades humanas. Además, amplía este concepto conforme a la Organización Meteorológica Mundial y la Asociación Mundial para el Agua (2014), que entienden la desertificación como la disminución irreversible, a escala temporal humana, de los niveles de productividad de los ecosistemas terrestres como resultado de su sobreexplotación y gestión inapropiada en zonas áridas y propensas a la sequía.

Asimismo, adopta algunas definiciones de procesos de degradación a nivel nacional, considerando las categorías del Wocat (World Overview of Conservation Approaches and Technologies o Panorama Mundial de Enfoques y Tecnologías de la Conservación), adoptado por la CNULD. Cada categoría se asocia a una codificación recomendada, como erosión hídrica, erosión eólica, degradación química y física de suelos, degradación del agua y degradación biológica, entre otras.

En el caso de Colombia, el Protocolo adopta una definición de desertificación adaptada a las condiciones del país:

“La degradación de las tierras de las zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, resultante de diversos factores, tales como las variaciones climáticas y las actividades humanas, debida a la pérdida del equilibrio natural y a la disminución de las funciones ambientales, la productividad biológica y económica, poniendo en peligro la biodiversidad y la supervivencia de las comunidades humanas” (Ideam, 2019).

En este concepto se destacan tres aspectos: “tierra”, entendida desde un enfoque ecosistémico y asimilable al concepto de ecosistema; “funciones ambientales”, relacionadas con los servicios ecosistémicos; y “productividad biológica”, entendida como la producción de biomasa reflejada en el crecimiento y la cobertura vegetal.

En ese sentido, el concepto de **tierra** sigue la definición de la FAO: “El concepto de tierra es más amplio que el de suelo y abarca un sistema integrado que incluye factores climáticos, edáficos (relacionados con el suelo), hidrológicos y topográficos, así como sus interacciones socioeconómicas. Se refiere al uso y gestión de un recurso natural que sustenta la vida, la biodiversidad y la regulación del clima y el agua, siendo fundamental para la seguridad alimentaria y el desarrollo sostenible” (FAO, 2015).

El concepto científico de **suelo** se toma del sistema de clasificación estadounidense: “Cuerpo natural que comprende sólidos (minerales y materia orgánica), líquidos y gases que ocurren en la superficie de las tierras, que ocupa un espacio y que se caracteriza por horizontes o capas que se distinguen del material inicial como resultado de adiciones, pérdidas, transferencias y transformaciones de energía y materia o por la capacidad de soportar plantas en un ambiente natural” (Soil Survey Staff, 2014).

En el caso de la **zonificación de las tierras áridas, semiáridas y subhúmedas secas**, el índice de aridez en Colombia no es suficiente para determinar estas zonas. El país, de clima tropical ecuatorial y ubicado en la zona de convergencia intertropical, presenta condiciones generales húmedas; sin embargo, por su proximidad al mar Caribe y las variaciones orográficas de la cordillera de los Andes, alrededor del 27 % de su territorio corresponde a zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas. Aunque la precipitación es alta, la evapotranspiración potencial también lo es; esto hace que el índice de aridez no sea suficiente para definir estas zonas. Por ello, se han requerido otras variables, como las características de los suelos (drenaje, textura), la posición geomorfológica (sotavento) y la distribución de la precipitación (cuatro o más meses con precipitaciones muy bajas), para caracterizar el comportamiento de las tierras áridas, semiáridas y subhúmedas secas, objeto del proceso de desertificación.

Por otra parte, el Protocolo incluye los conceptos de **desierto y desertización** para evitar confusiones (Ideam, 2019). El desierto es un tipo de bioma o región en la que la precipitación pluvial es muy escasa (menor de 25 cm anuales) o puede haber un poco más de lluvia, pero esta no se distribuye uniformemente durante el año, lo que ocasiona un crecimiento vegetal escaso o nulo (Marca-

no, 2009). Algunos ejemplos son las vastas regiones del Sahara central y septentrional y el desierto de Atacama, en Chile y Perú. La desertización es el proceso evolutivo natural de una región hacia condiciones morfológicas, climáticas y ambientales propias de un desierto. Es un fenómeno que se produce sin intervención humana, a diferencia de la desertificación.

3.2 Importancia ambiental de los suelos

El suelo es el sustento de la vida en la Tierra. Constituye la capa superficial de la corteza terrestre y es una mezcla compleja de minerales, agua, aire, materia orgánica y organismos vivos. La fracción mayoritaria del suelo está formada por partículas minerales de distintos tamaños, que van desde las más pequeñas, las de arcilla, hasta las más gruesas, las de arena, pasando por las de limo, que son de tamaño intermedio. Entre las partículas del suelo se forman poros de diferentes dimensiones y, a menudo, de geometría compleja. Estos determinan la cantidad de agua y aire que el suelo puede retener, así como la velocidad con la que el agua puede infiltrarse y desplazarse a través de él. Los restos de organismos vivos, en distintos grados de descomposición, conforman la materia orgánica, fracción del suelo que también mejora su aireación y su capacidad de retención de agua.

El suelo es un recurso natural finito y no renovable que presta diversos servicios ecosistémicos o ambientales, entre ellos su participación en los ciclos biogeoquímicos

de elementos esenciales para la vida, como el carbono, el nitrógeno y el fósforo, que, impulsados por la energía disponible, circulan continuamente entre los sistemas vivos y los componentes no vivos del planeta. Sin embargo, el papel más conocido del suelo es ser el soporte natural para la producción de alimentos y materias primas de las cuales depende la sociedad mundial (Burbano, 2016).

El suelo es fundamental para el bienestar del planeta, ya que sostiene la vida proporcionando nutrientes esenciales para las plantas, regulando el ciclo del agua y actuando como un almacén clave de carbono. Según la FAO, aproximadamente el 95 % de los alimentos que consumimos dependen directamente de los suelos, lo que resalta su papel vital en la seguridad alimentaria global (FAO, 2020). Además, los suelos saludables son cruciales para mitigar los efectos del cambio climático, pues almacenan más carbono que la atmósfera y la vegetación combinadas (CNULD, 2017). No obstante, la degradación de los suelos, causada por la desertificación y las prácticas no sostenibles, afecta su capacidad para cumplir estas funciones, lo que pone en riesgo la biodiversidad y la resiliencia ecológica. La CNULD destaca que la restauración de suelos degradados es esencial no solo para combatir la desertificación, sino también para mejorar las condiciones de vida de millones de personas y promover un futuro más sostenible (CNULD, 2019).

El suelo es un componente esencial del ecosistema y cumple funciones relevantes, como la producción de alimentos y el sostenimiento de la biodiversidad de los ecosistemas terrestres; también contribuye a la regulación del clima mediante el secuestro de carbono en forma de materia orgánica y desempeña un papel clave en la regulación del ciclo hídrico, gracias a la retención de agua y la degradación de contaminantes. Las principales funciones y servicios de los suelos se presentan en la Figura 1.

Foto. Perfil de suelos de ladera en clima seco
Ubicación. Imues, Nariño, Colombia
Autor. Eliana Mendoza

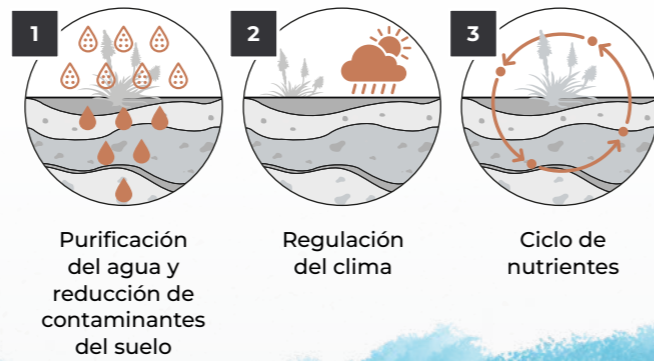


FIGURA 1.

Funciones y servicios ambientales de los suelos

Los suelos aportan servicios ambientales que permiten la vida en la Tierra

FUNCIONES

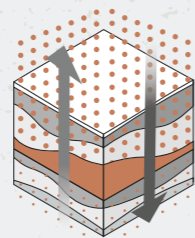


SERVICIOS



Provisión

- De alimentos. La mayor parte de los alimentos que consumimos proviene del suelo. Es en el suelo donde se inicia la cadena alimenticia de la vida terrestre.
- De agua potable.
- Provee/n fuente/s de materiales (e. g., forrajes, fibras y combustibles).
- De materiales para construcción (arcilla, arena, grava, minerales, agregados, etc.).
- De productos medicinales y recursos genéticos.
- Otorga nutrientes y soporte físico para la agricultura y silvicultura.



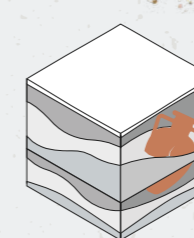
Regulación

- Es el componente principal en el ciclo hidrológico, pues se encarga de capturar, filtrar, purificar, almacenar y regular el agua.
- Es esencial en el control del clima (almacena, captura y retiene CO₂ y gases de efecto invernadero).
- Regula el clima mediante captura y retención de carbono.
- Filtra y amortigua los materiales orgánicos e inorgánicos.
- Amortigua contaminantes.
- Descompone materia orgánica.
- Regula el flujo de nutrientes.
- Controla y regula amenazas naturales (sequías, inundaciones, erosión, etc.).



Soporte

- Sostiene la actividad y la producción biológica.
- Hábitat biológico y reserva genética de plantas, animales y organismos.
- Hace parte de la dimensión espacial del desarrollo de asentamientos.
- Soporte de obras de ingeniería civil, como cimientos de edificios e infraestructura o de instalaciones de eliminación de residuos.
- Base para las infraestructuras humanas.



Culturales

- Herencia cultural. Integra el patrimonio cultural, sitios arqueológicos y paisajes naturales o arquitectónicos importantes para conservar la historia de la Tierra y de la humanidad.
- Belleza escénica y paisajística relevante para la calidad de vida.
- Turismo y recreación.



Científicos

- Permite investigar en la historia de la naturaleza: cambios en biodiversidad y en eventos climáticos y estilos naturales.
- Investigaciones sobre minerales, gases, biodiversidad para alternativas en diferentes campos y aplicaciones.
- Investigación en pedogénesis: origen, evolución, formación de suelos.

Fuente: modificado y adaptado de FAO (2015), Ideam (2019).

3.3 Estado actual de la degradación de suelos y desertificación

Situación mundial, Unión Europea y España

Entre 2015 y 2019, el mundo perdió al menos 100 millones de hectáreas de tierras sanas y productivas cada año, lo que equivale a dos veces el tamaño de Groenlandia. Estas estadísticas evidencian la necesidad de actuar con urgencia, dado que la creciente degradación de tierras continúa desestabilizando mercados, comunidades y ecosistemas en todo el mundo. La degradación de tierras se acelera en África, Asia y América Latina (CNULD, 2023).

A nivel mundial, el recurso suelo está bajo una presión creciente debido a las exigencias que plantea el cumplimiento de las metas de seguridad alimentaria y el desarrollo de biocombustibles, entre otras causas. Los principales factores que explican la degradación de la tierra son: 35 % sobrepastoreo, 30 % deforestación, 28 % actividades agrícolas no sostenibles y 7 % sobreexplotación de leña para combustible (CNULD, 2017). En este contexto, se estima que aproximadamente 1.300 millones de personas dependen de manera directa de las tierras degradadas para su sustento. Alrededor del 80 % de las personas en situación de pobreza viven en áreas rurales y el 64 % de ellas trabaja en actividades agropecuarias. Las pérdidas económicas derivadas de la degradación de la tierra se estiman entre 6,3 y 10,6 billones de dólares anuales (CNULD, 2017).

En cuanto a la Unión Europea, en 2008 la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA) realizó un estudio sobre desertificación en Europa meridional, central y oriental, que abarcaba 1,68 millones de km². En 2017 se llevó a cabo un estudio de seguimiento por la Universidad de Bucarest, que empleó la misma metodología, pero incluyó la corrección de los datos climáticos. Esta investigación mostró que la cantidad de territorio con sensibilidad alta o muy alta a la desertificación había aumentado (ver Tabla 1 y Figura 2).

TABLA 1.

Sensibilidad a la desertificación en Europa meridional, central y oriental

Índice de sensibilidad a la desertificación	2008		2017	
	Miles de km ²	%	Miles de km ²	%
Muy alta	10	1	28	2
Alta	224	13	383	23
Moderada	419	25	381	23
Baja	560	33	475	28
Muy baja	467	28	413	24
Total	1680	100	1680	100

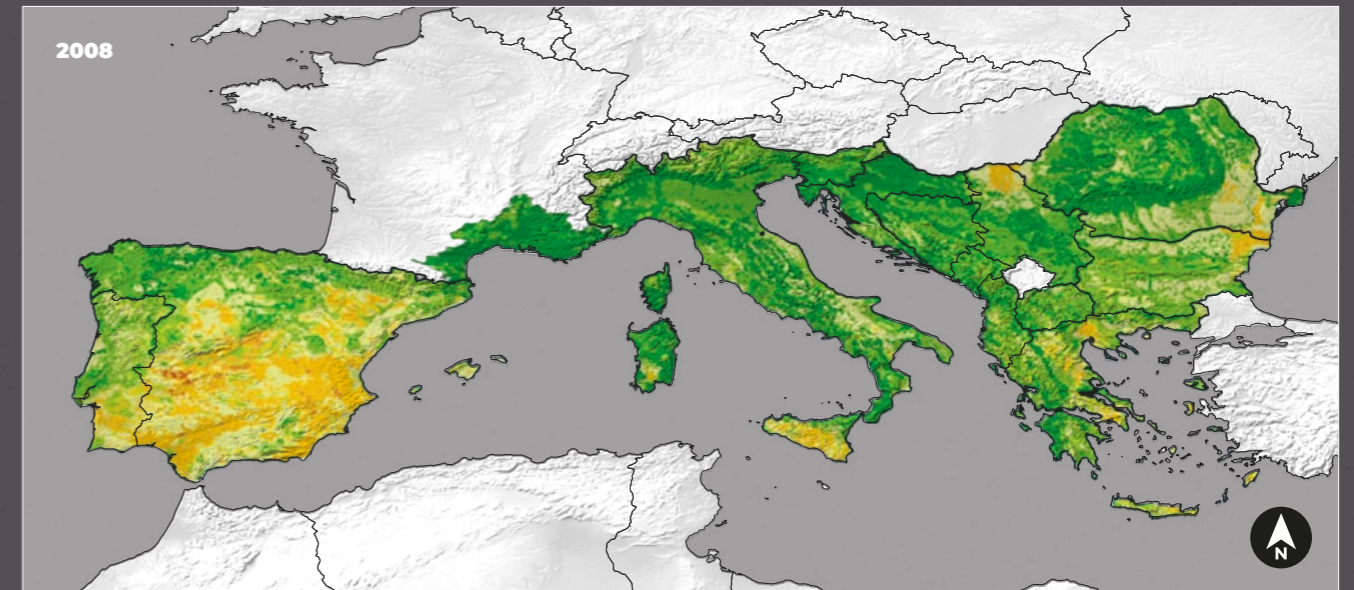
Fuente: Tribunal de Cuentas Europeo (2018).

Algunos Estados miembros de la Unión Europea, como Portugal, España, Italia y Rumania, han elaborado mapas sobre el riesgo de desertificación; sin embargo, dado que estos mapas no se han actualizado de manera periódica, no pueden compararse, ya que emplean distintos indicadores y códigos de colores que impiden obtener una visión coherente de la evolución de la desertificación en la UE.

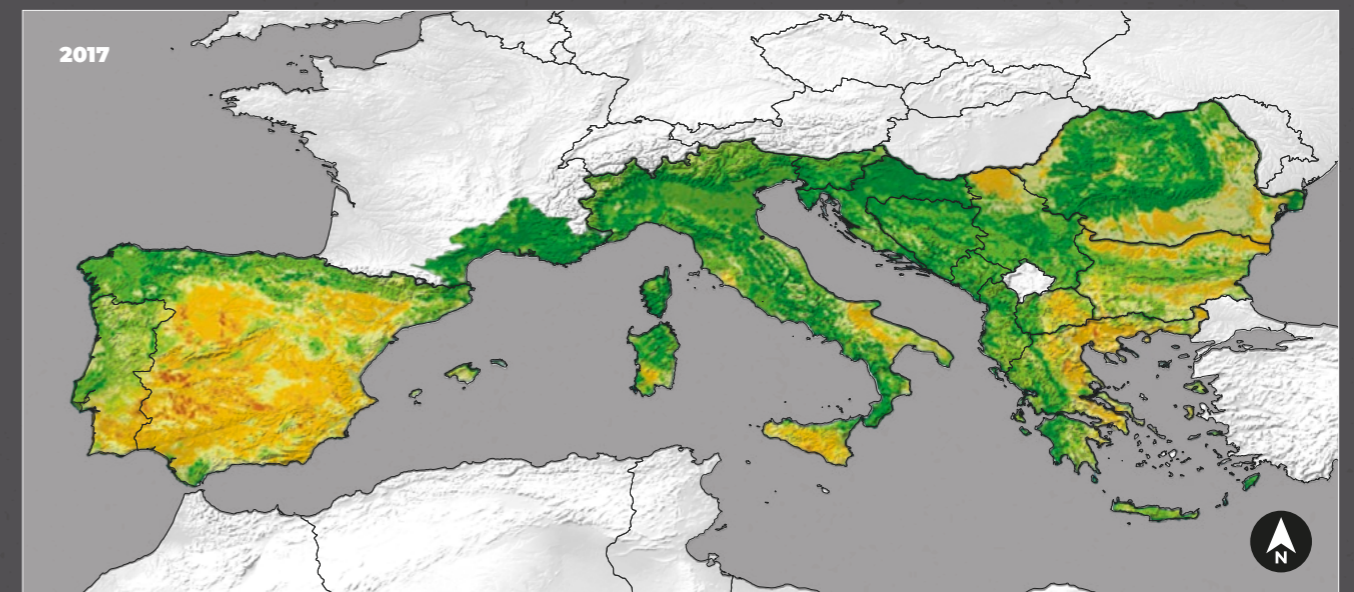
La Comisión y los Estados miembros no han acordado una metodología para recopilar los indicadores disponibles que permita elaborar una evaluación completa de la desertificación y la degradación de las tierras en la UE, lo cual dificulta la comparación del alcance de la desertificación entre los distintos Estados miembros.

FIGURA 2.

Índice de sensibilidad a la desertificación en la Unión Europea en 2008 y 2017



Índice de sensibilidad a la desertificación



Índice de sensibilidad a la desertificación



Fuente: Tribunal de Cuentas Europeo (2018).

De acuerdo con el Programa de Acción Nacional de Lucha contra la Desertificación (PAND) de España (Magrama, 2008), el 74,04 % de su territorio presenta clima árido, semiárido o subhúmedo seco y, por tanto, es susceptible de ser afectado por la desertificación.

La estimación del nivel de riesgo de desertificación en España se determinó mediante la metodología basada en el proyecto MEDALUS (Mediterranean Desertification and Land Use, Unión Europea) (Commission, 1999), a través de la combinación ponderada de cuatro indicadores:

1

Índice de aridez: se caracterizaron las superficies incluidas dentro de las zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas a partir del Mapa de Aridez elaborado por la Estación Experimental de Zonas Áridas (CSIC), con datos del periodo 1989-2000.

2

Estado de erosión: los datos del indicador "Erosión: pérdidas del suelo" disponibles a nivel nacional proceden del Mapa de Estados Erosivos (1987-1994). En este mapa, la superficie se clasifica en los siguientes intervalos en función de la erosión:

- Pérdidas de suelo (t/ha-año)
- 25
- 12 - 25
- 0 - 12
- Superficies artificiales o agua

3

Incendios forestales: la información utilizada para este indicador corresponde al mapa del porcentaje de superficie acumulada recorrida por el fuego en el periodo 1996-2005. Las categorías en las que se clasificó este mapa son:

- Porcentaje de superficie acumulada recorrida por el fuego durante 10 años
- 40 %
- 10 - 40 %
- 1 - 10 %
- <1 %

4

Estado de explotación de los acuíferos: este indicador se relaciona con el uso no sostenible de los recursos hídricos. El Ministerio de Industria y Energía identificó las zonas con problemas de sobreexplotación y las clasificó de la siguiente manera:

- Problemas de sobreexplotación
- Extracción de agua subterránea (E) > Recarga por infiltración (R)
- $R > E > 0,8R$
- Problemas locales de sobreexplotación
- Sin problemas

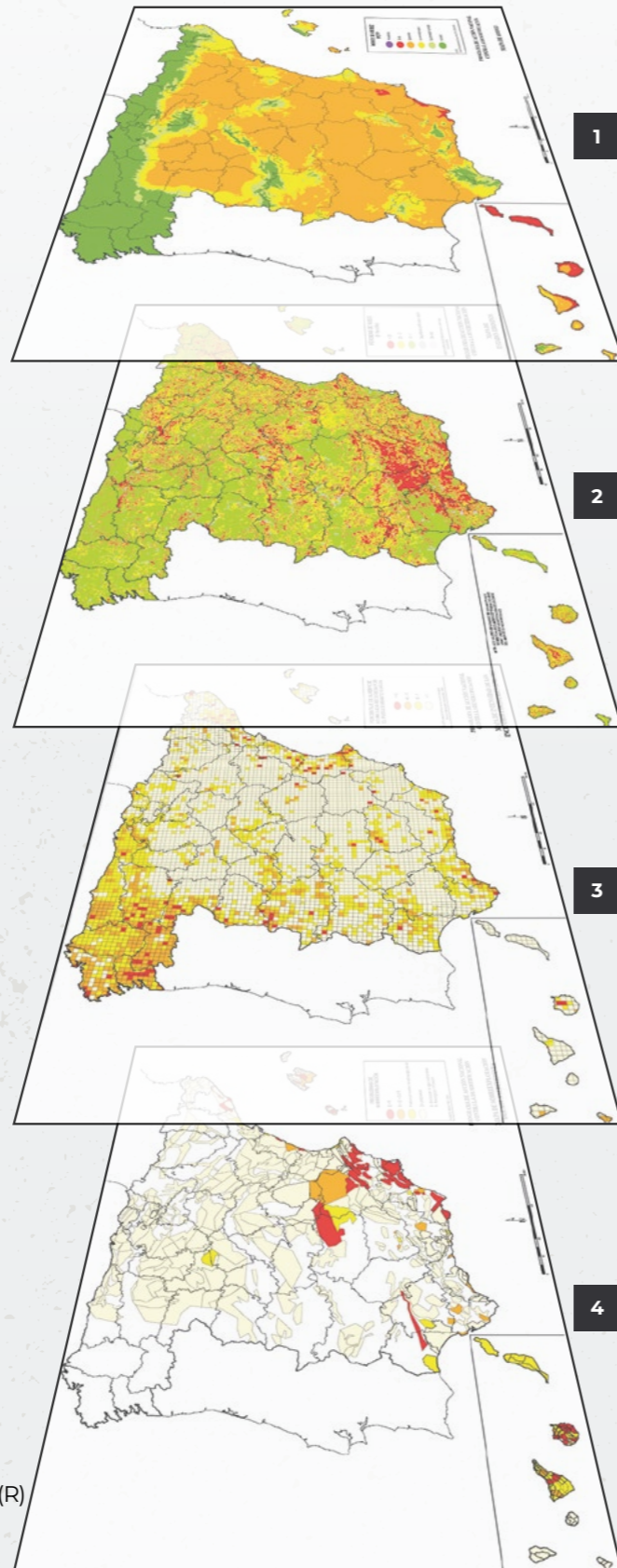


TABLA 2.

Asignación de valores numéricos a las clases de los indicadores

Erosión (t/ha-año)	Aridez	Sobreexplotación de acuíferos	Intensidad de incendios
>25	3	Zonas áridas	2
12 - 25	2	Zonas semiáridas	1
0 - 12	1	Zonas subhúmedas secas	0

Fuente: Magrama (2008).

La ponderación se basó en un método subjetivo que consideró la opinión de expertos, mediante la asignación de valores numéricos a las distintas clases de cada indicador, como se presenta en la Tabla 3.

TABLA 3.

Asignación de niveles de riesgo

Riesgo de desertificación	Suma
Muy alto	5 - 7
Alto	4
Medio	3
Bajo	1 - 2

Fuente: elaboración propia a partir de PAND (Magrama, 2008).

FIGURA 3.

Mapa de riesgo de desertificación, España
Fuente: Magrama (2008).

Riesgo de desertificación

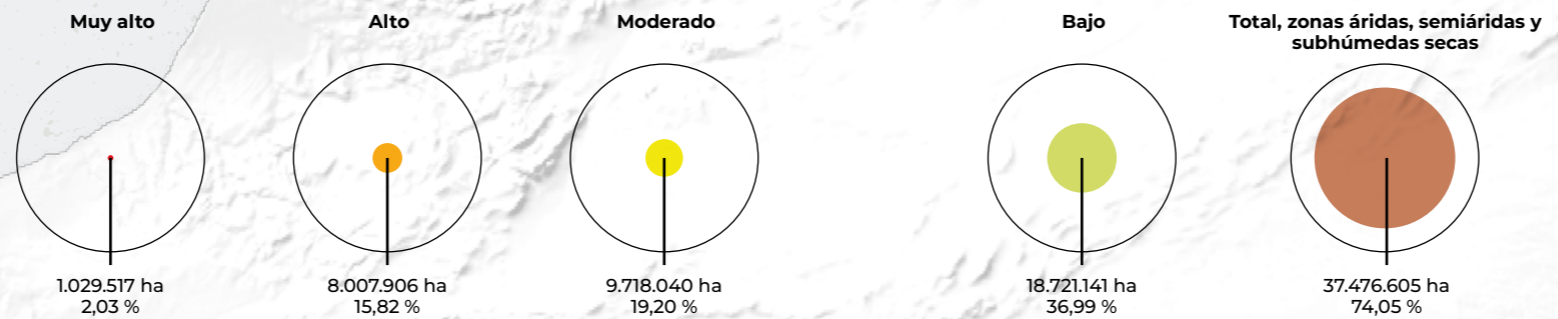
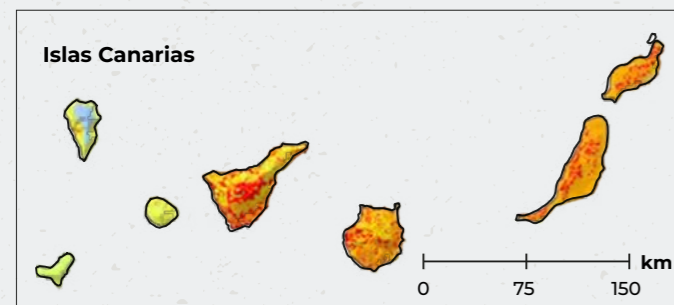
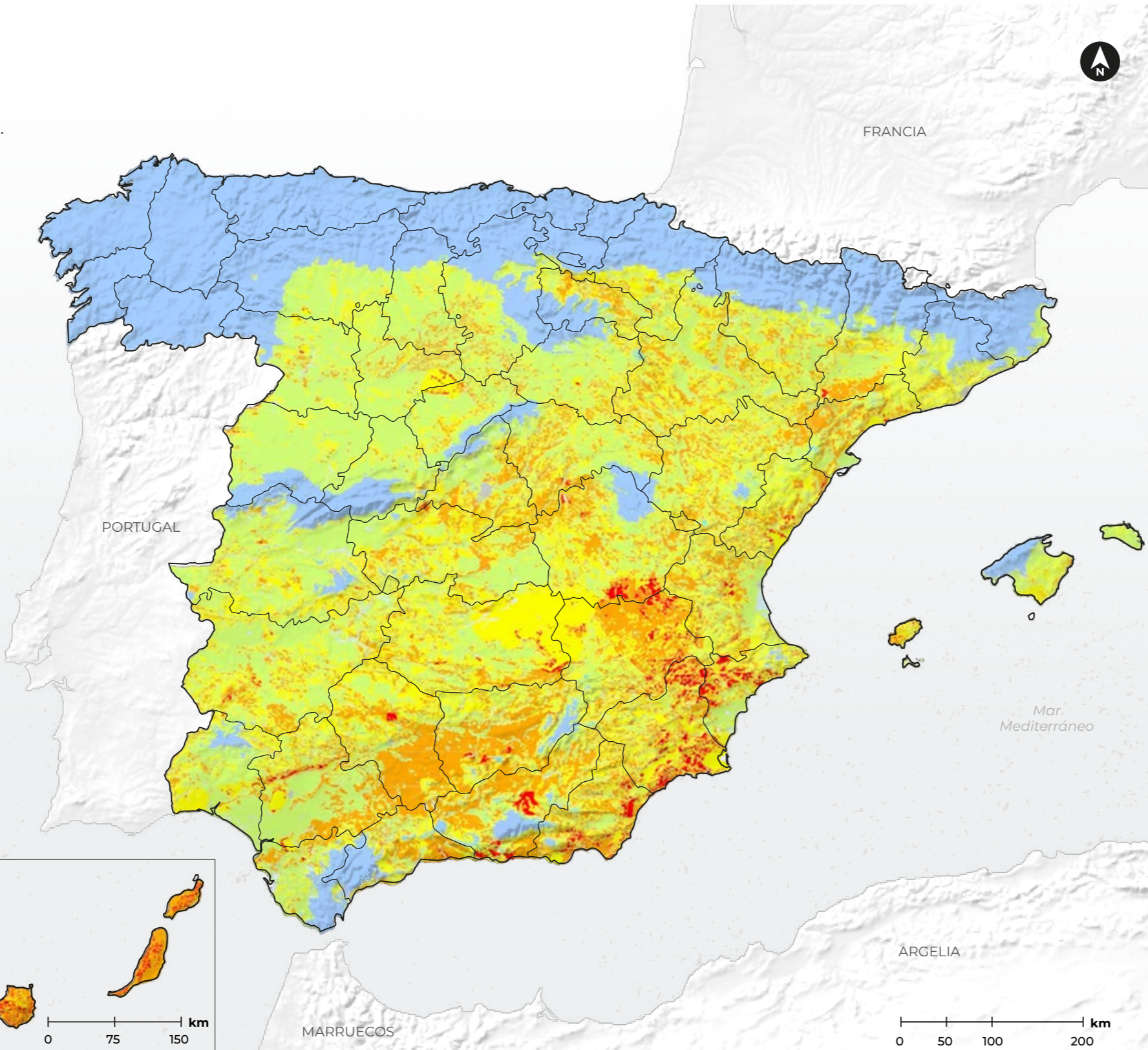
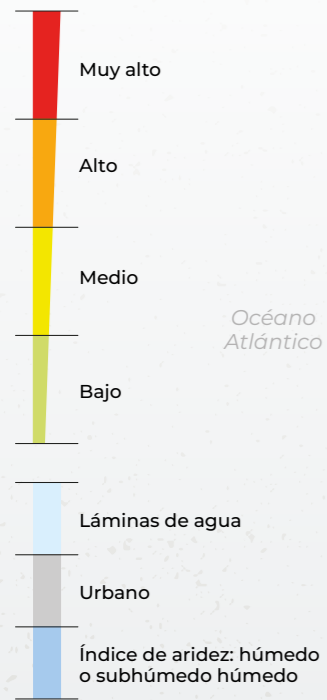


FIGURA 4.

Distribución por nivel de riesgo de la desertificación en España
Fuente: Magrama (2008).

La suma de estos valores numéricos se agrupó en cuatro (4) categorías o niveles de riesgo: muy alto, alto, medio y bajo, como se presenta en la Figura 4.

Como se señala en el PAND, estas cifras constituyen una estimación preliminar debido a varias limitaciones. La información proviene de fuentes diversas que variaron durante la elaboración del PAND, como la tasa de erosión del suelo, y la escala espacial de análisis también cambió. Además, no se diferencia entre zonas con desertificación heredada y aquellas con riesgo actual o potencial. La metodología empleada tampoco considera las interrelaciones entre los indicadores ni su evolución en el tiempo, lo que dificulta realizar evaluaciones futuras del riesgo de desertificación en función de distintos escenarios climáticos y socioeconómicos.

Este diagnóstico se complementó con la identificación de los escenarios de desertificación, mediante la integración de indicadores de tipo biofísico (índice de aridez) y socioeconómico (incremento del valor añadido bruto en la agricultura y población dedicada a la actividad agrícola), desarrollada en el proyecto Surveillance System for Assessing and Monitoring of Desertification (Surmodes) (Puigdefábregas, y Del Barrio, 2000; Martínez-Valderrama *et al.*, 2022).

Estas zonas sensibles, denominadas puntos calientes (*hotspots*), son localidades en las que quizás aún no son perceptibles los síntomas de la desertificación, pero donde la combinación de una fuerte presión sobre el uso de los recursos naturales y una alta vulnerabilidad de los sistemas naturales y socioeconómicos puede conducir a su degradación. Esta dinámica puede acelerarse si, conforme a los escenarios previstos de cambio climático, una climatología más árida disminuye la capacidad de amortiguación y recuperación de los ecosistemas.

El PAND incluye entre sus líneas de actuación específicas el desarrollo de un Sistema de Evaluación y Vigilancia de la Desertificación (SEVD), que contempla un sistema de pronóstico y alerta cuyo objetivo es identificar las zonas con riesgo de desertificación y predecir su tendencia bajo distintos escenarios climáticos y socioeconómicos. Este sistema de alerta se basa en:

- La integración de la información suministrada por un sistema de indicadores biofísicos, socioeconómicos e institucionales de la desertificación.
- La modelización de la dinámica de los sistemas en riesgo de desertificación.
- El análisis de los impactos del cambio climático sobre los procesos de desertificación.

Posteriormente a la formulación del PAND en España, se realizó la *Evaluación de la desertificación: mapa de condición de la tierra (2001-2010)*. Un primer paso en el desarrollo del SEVD fue la elaboración del mapa de condición de la tierra para el periodo 2000-2010. Se entiende por condición de la tierra “la capacidad del suelo para sostener la productividad de su cubierta vegetal en relación con procesos climáticos y de uso del territorio que actúan sobre ella”. El mapa (Figura 6) se generó mediante el estudio de la evolución de la eficiencia en el uso de la precipitación (RUE) por parte de la vegetación, a partir de las series temporales de los índices de vegetación obtenidos por teledetección y los datos climáticos correspondientes, aplicando la metodología 2dRUE desarrollada por la Estación Experimental de Zonas Áridas (EEZA-CSIC) (Sanjuán *et al.*, 2014).

FIGURA 5.

Metodología Surmodes para identificar las áreas (a nivel de provincia NUT 3) con riesgo de desertificación en España

Fuente: Martínez-Valderrama *et al.* (2022).

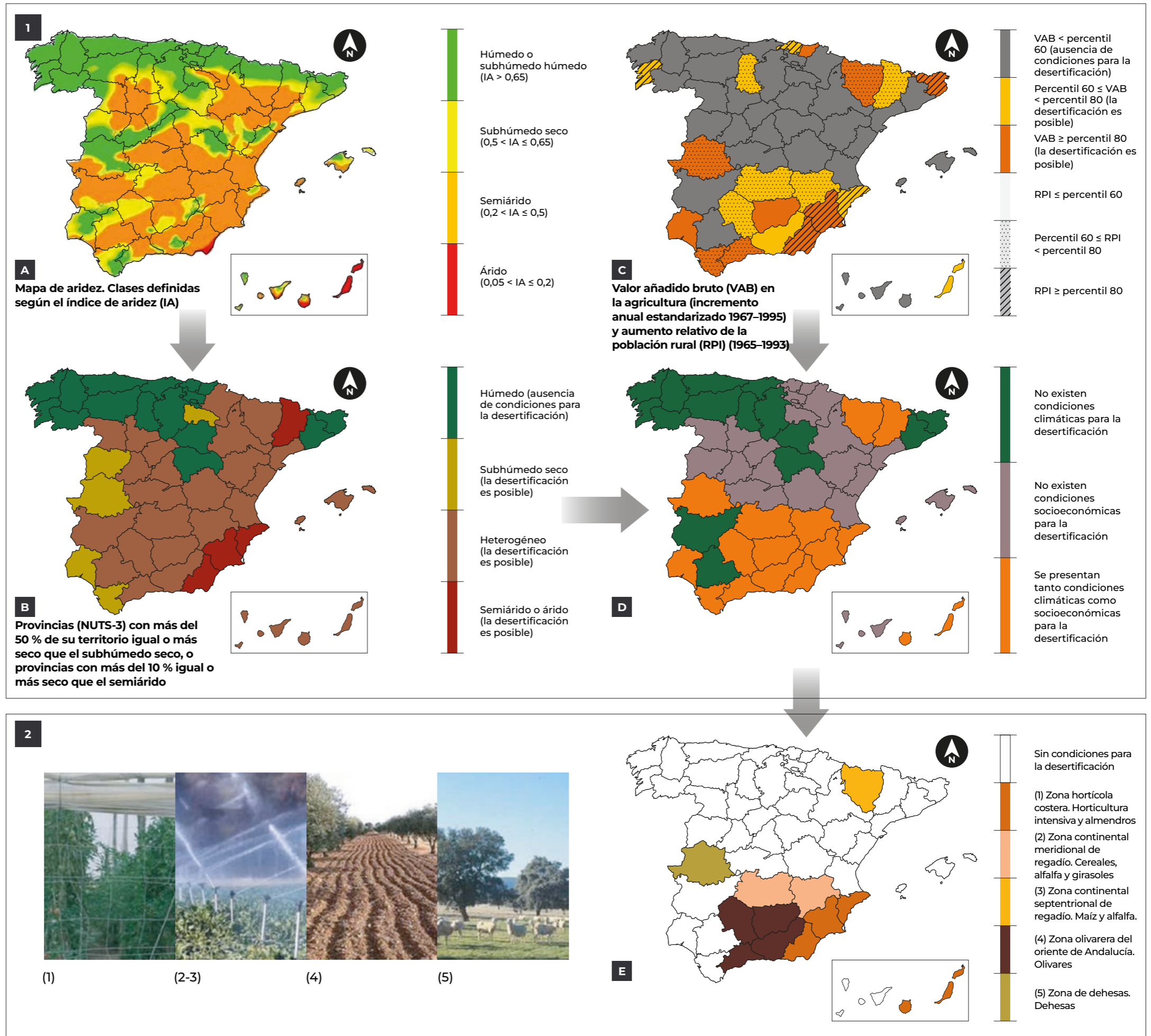
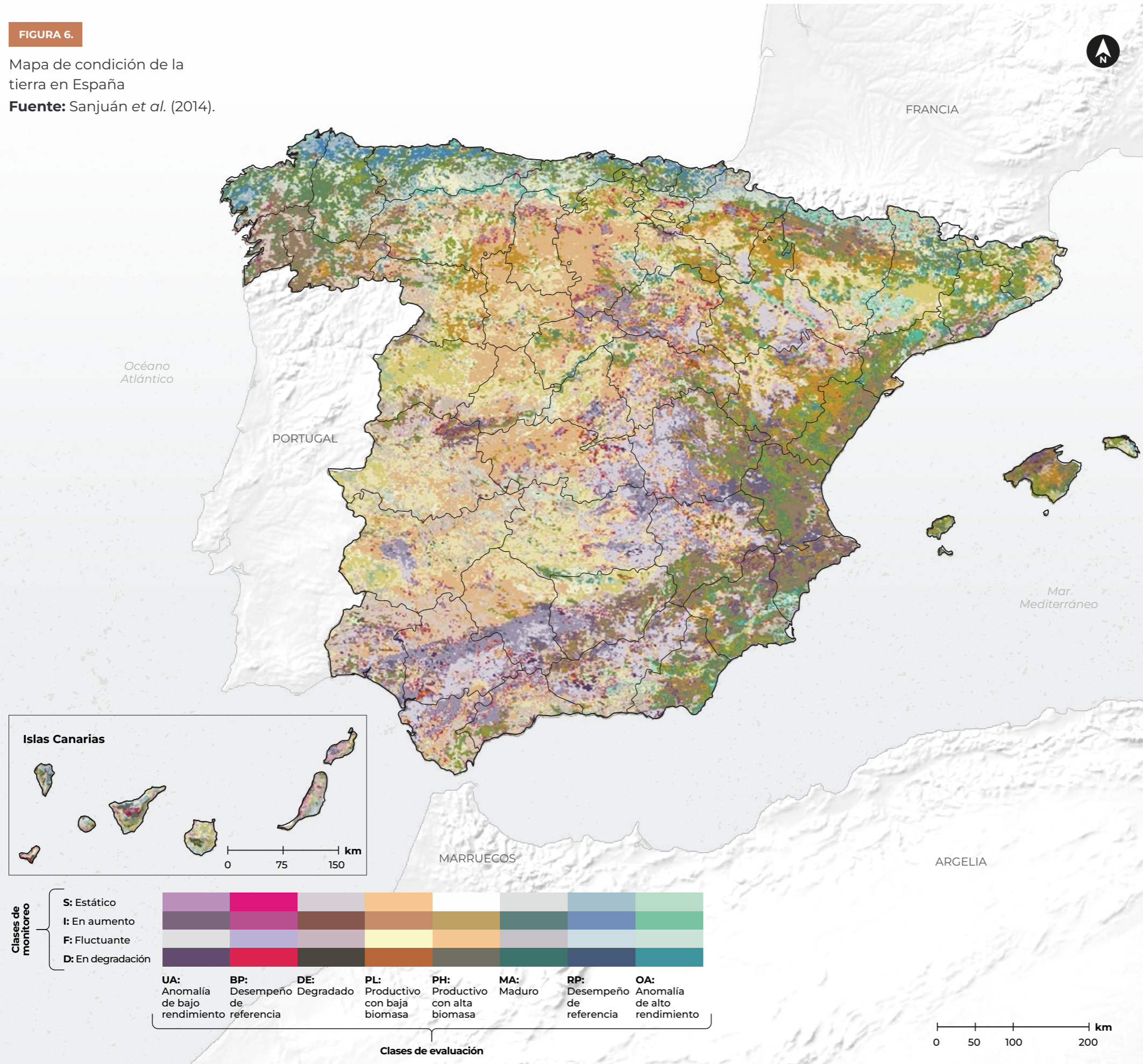


FIGURA 6.

Mapa de condición de la tierra en España

Fuente: Sanjuán et al. (2014).



Los resultados indican que el 20 % del territorio español se encuentra degradado, con valores relativamente bajos de productividad y biomasa. Un 30 % adicional corresponde a terrenos productivos con baja biomasa. En el extremo opuesto, los estados con mayor grado de madurez ecológica (productivo con alta biomasa, maduro y de referencia) suman en conjunto solo el 30 %. En cuanto a las tendencias, destaca la baja incidencia (1 %) de la tendencia degradativa. Un 28 % del territorio presenta una tendencia clasificada como fluctuante, lo que refleja una alta sensibilidad de la vegetación frente a las variaciones de aridez. Esta tendencia se observa tanto en la vegetación natural o seminatural estabilizada como en los cultivos de secano, y puede interpretarse como una señal de riesgo de desertificación ante escenarios climáticos de mayor aridez. Este mapa de condiciones de la tierra fue actualizado recientemente para el periodo 2010-2020, pero sus resultados aún no son de carácter público.

Diagnóstico de la degradación de tierras: Latinoamérica, Argentina y Colombia

América Latina es una de las regiones más afectadas por la degradación del suelo. La CNUCLD señala que el subcontinente está inmerso en un “círculo vicioso de sobreexplotación de suelos, degradación, aumento de la demanda productiva e inseguridad alimentaria”. La proporción de tierras degradadas en América Latina aumentó un 6,22 % entre 2015 y 2019 (ver Figura 7). México es el país que ha registrado el mayor incremento en la proporción de tierras degradadas, con un 15,24 %, seguido de Bolivia, con un 4,89 %.

La degradación del suelo implica un cambio en la salud del recurso que se traduce, entre otros impactos, en una disminución de su capacidad productiva, originado por prácticas inadecuadas y no sostenibles. Según la CNUCLD, existen más de 2.000 millones de hectáreas de tierra degradada en el mundo, de las cuales el 14 % se encuentra en América Latina (UNCCD, 2024).

En la región, la mayor parte de las tierras degradadas se ha visto afectada por la deforestación y el sobrepastoreo. Las principales áreas de tierras de cultivo bajo presión se localizan en el noreste de Brasil, el Gran Chaco (Argentina, Paraguay y Bolivia) y la zona central de Chile, entre otras, de acuerdo con la CNUCLD (Hernández, 2022).

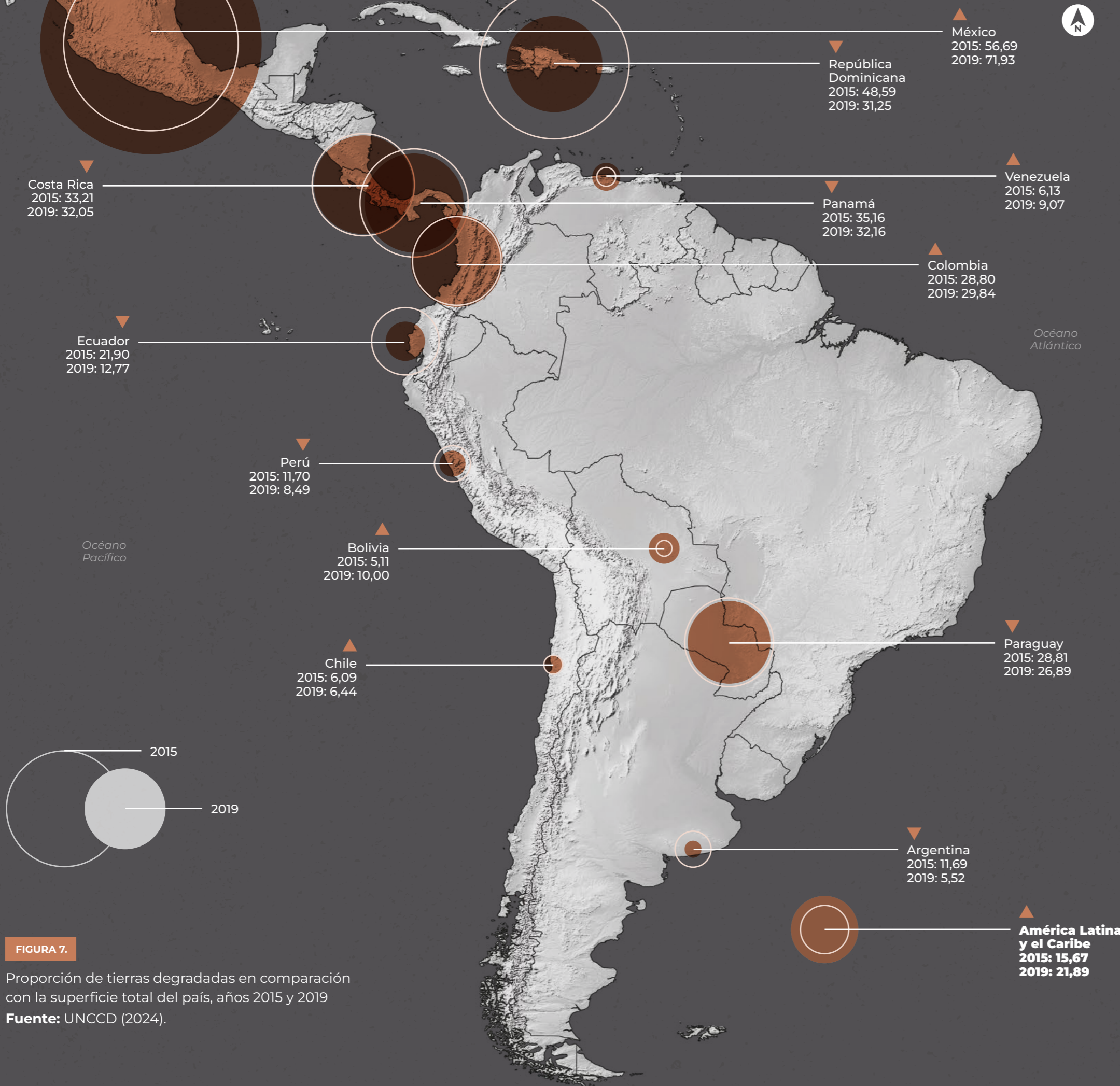


FIGURA 7.

Proporción de tierras degradadas en comparación con la superficie total del país, años 2015 y 2019

Fuente: UNCCD (2024).

Estos datos se generan a partir de los subindicadores del objetivo estratégico 1 y muestran las tendencias de cambio en la degradación de las tierras de cada país durante este periodo.

Según el Programa de Acción Nacional (PAN) de Argentina, de los 278 millones de hectáreas que componen el territorio continental nacional, 60 millones están afectadas por distintos procesos o grados de desertificación. En este territorio, la desertificación avanza a razón de 650.000 ha por año. La magnitud de las pérdidas económicas y sociales se evidencia al considerar que las tierras secas de Argentina producen el 50 % de la producción agrícola y el 47 % de la ganadería. En esas tierras vive cerca del 30 % de la población nacional, que ve disminuida su calidad de vida por el avance de la desertificación (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, 2019; FAO, 2011).

El Proyecto LADA/FAO (2011) permitió realizar una evaluación de la desertificación, específicamente en las tierras secas, que ocupan aproximadamente el 70 % del país, con una superficie total evaluada de 152.027.900 ha. Sobre esa superficie, el estudio determinó que 124.008.700 ha presentan procesos de degradación de las tierras secas, lo que equivale al 81,5 % de dichas tierras (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, 2019).

Las tierras áridas, semiáridas y subhúmedas secas del país abarcan cerca del 70 % del territorio nacional. Todas ellas están sujetas a déficit hídrico y se caracterizan por una gran variabilidad en las lluvias y una alta fragilidad de sus suelos. Por otra parte, en estas zonas solo se dispone del 12 % de los recursos hídricos superficiales del país. Para definir las tierras secas se utilizó el índice de aridez, que da una pauta sobre la escasez estacional o anual de los recursos hídricos y sobre la susceptibilidad de las tierras a la desertificación, y expresa la relación entre la precipitación promedio anual y la evapotranspiración potencial de referencia en un área determinada (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2019).

Los cambios en el uso del suelo y la adopción de prácticas de manejo agropecuario no sostenibles, sumados a la variabilidad climática con incremento tanto de los periodos de sequías prolongadas como de lluvias intensas, potencian la acción erosiva de la lluvia y del viento. Actualmente, el 36 % del territorio nacional está afectado por procesos de erosión hídrica y eólica, lo que representa unos 100 millones de hectáreas en total (Gaitán *et al.*, 2017). Aproximadamente el 12 % de la superficie de Argentina presenta tasas altas de erosión (mayores a 10 t/ha-año), concentradas en zonas áridas y semiáridas con fuertes pendientes y baja cobertura vegetal, principalmente en la Patagonia, Cuyo y el NOA (ver Figura 8) (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2019).

Erosión Hídrica Actual

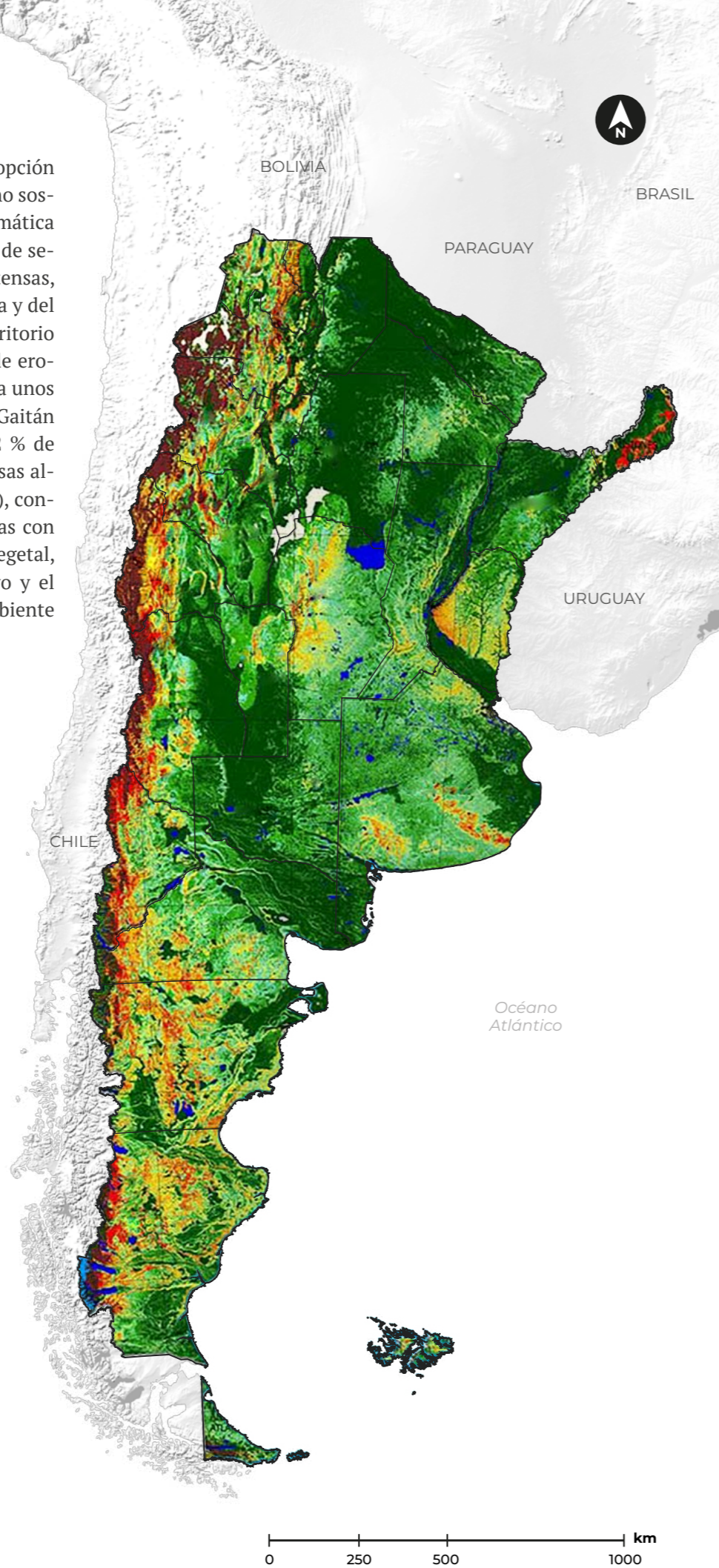
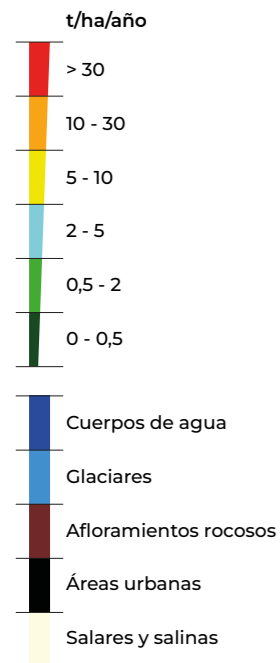


FIGURA 8.

Mapa de erosión hídrica actual estimada con USLE
Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2019).

CONTEXTO

C1
C2
C3
C4
C5
C6
C7
C8

Los procesos de erosión, tanto hídrica como eólica, provocan la pérdida de las capas del suelo que concentran la mayor capacidad productiva. La tendencia de la productividad de la tierra refleja el estado de la vegetación mediante el comportamiento de los índices verdes (en este caso, el índice de vegetación de diferencia normalizada o NDVI, por su sigla en inglés). En la Figura 9 se muestra la tendencia de la productividad de la tierra para Argentina.

**INDICADOR NDT-2
 Tendencia en la Productividad o el Funcionamiento de la Tierra**

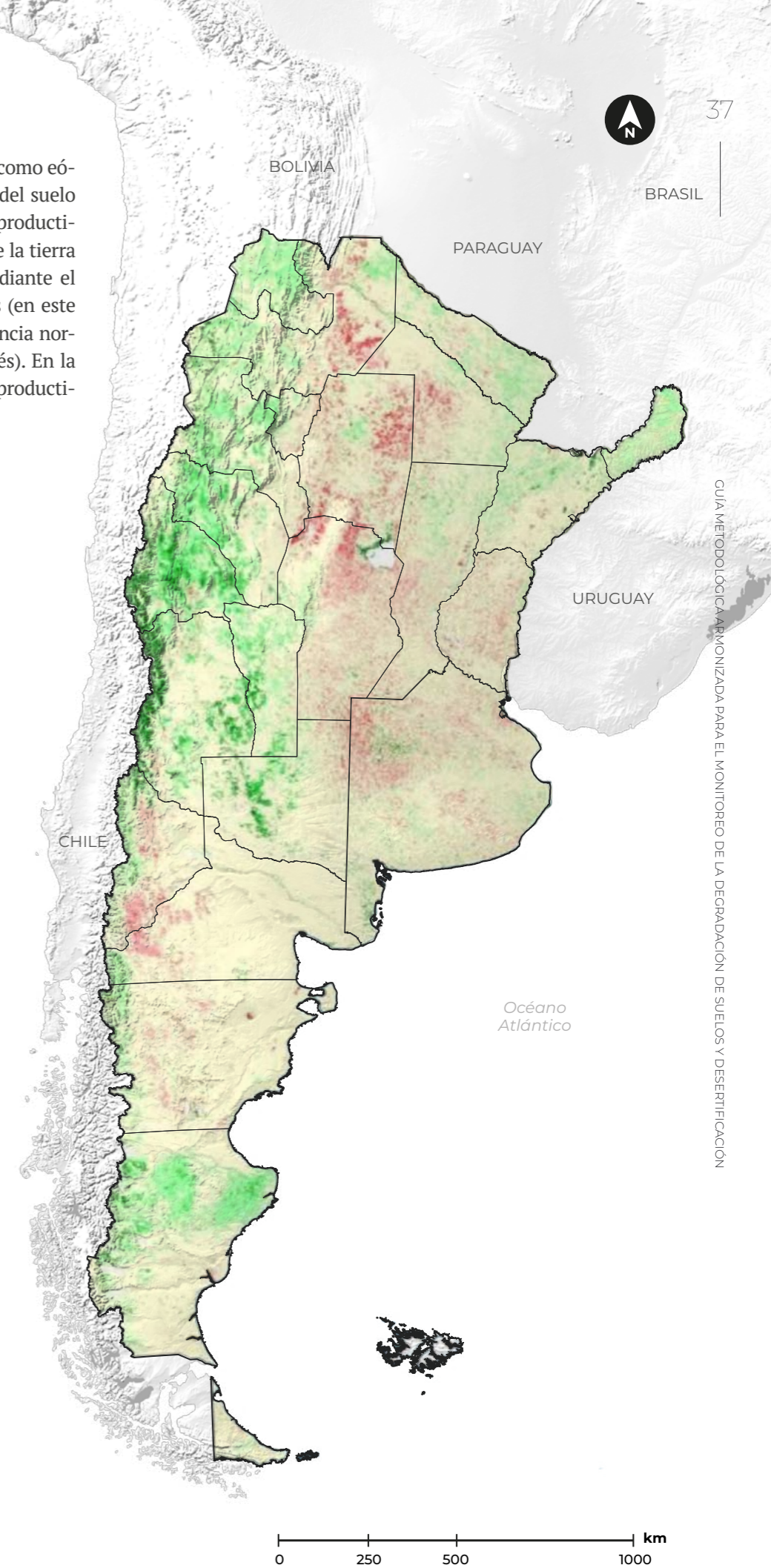
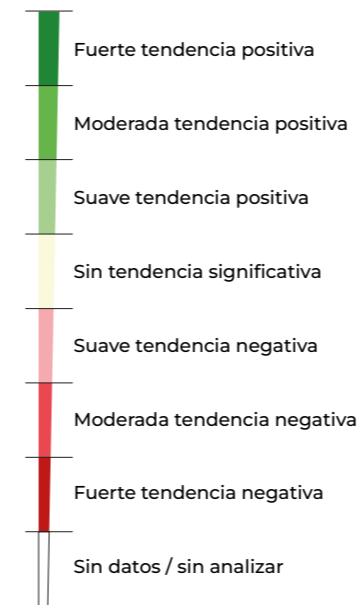


FIGURA 9.

Mapa de tendencias en la productividad de la tierra en Argentina
Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2019).

GUÍA METODOLÓGICA ARMONIZADA PARA EL MONITOREO DE LA DEGRADACIÓN DE SUELOS Y DESERTIFICACIÓN

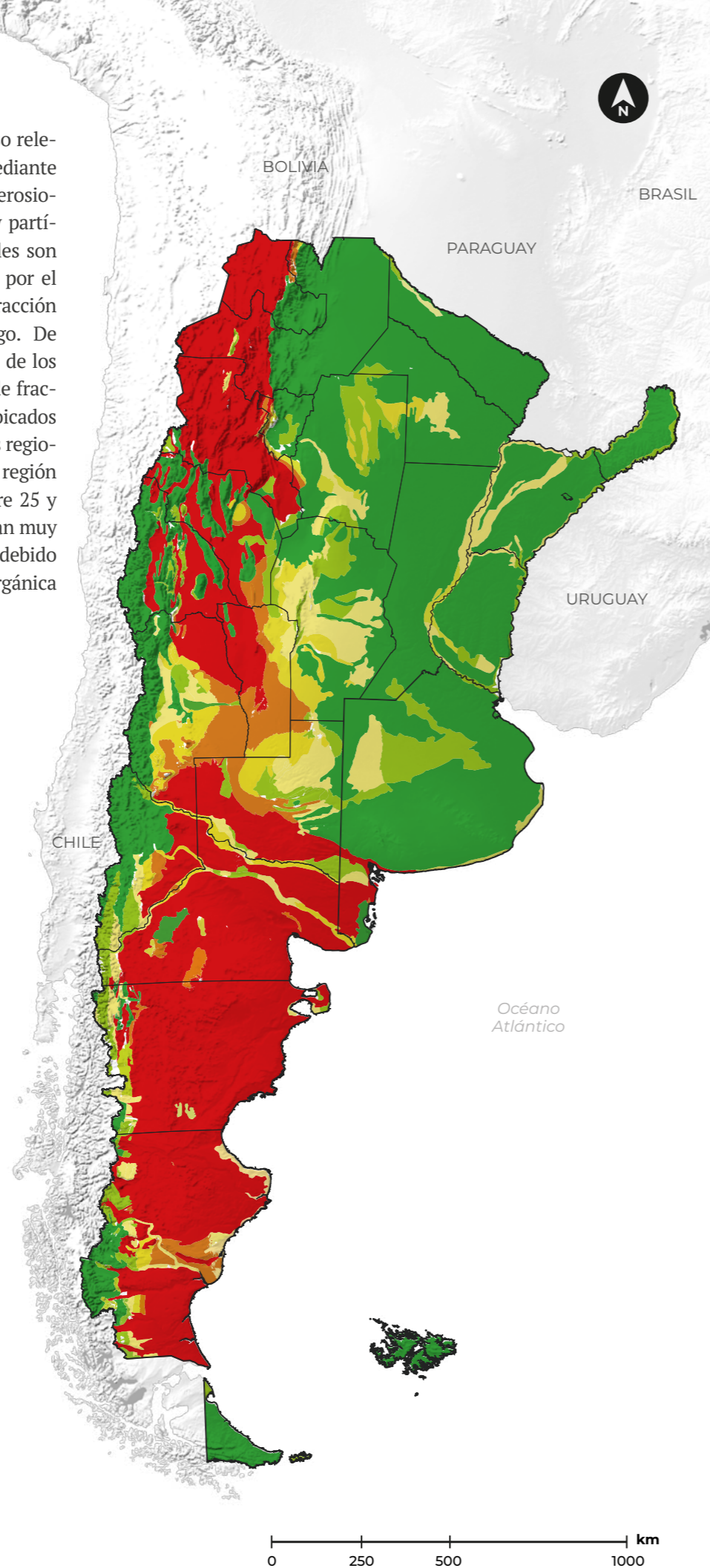
También la erosión eólica es un proceso relevante en el país y puede evaluarse mediante el cálculo de la denominada “fracción erosionable”, que representa los agregados y partículas más pequeñas del suelo, las cuales son más susceptibles a la erosión causada por el viento. Esto implica que una mayor fracción erosionable conlleva un mayor riesgo. De acuerdo con esta metodología, el 45 % de los suelos de Argentina presenta valores de fracción erosionable entre 75 y 100 %, ubicados principalmente en la Patagonia y en las regiones del NOA y Cuyo. Los suelos de la región central del país presentan valores entre 25 y 75 %, mientras que los del este muestran muy baja susceptibilidad a la erosión eólica, debido al alto contenido de arcilla y materia orgánica (ver Figura 10).

Erosión Eólica Potencial de Suelos de Argentina. 1950-2000

Mg/ha/año	Área	Porcentaje
> 150	92.468.845 ha	33,1 %
100 - 150	13.039.505 ha	4,7 %
50 - 100	13.905.216 ha	5 %
20 - 50	19.385.768 ha	6,9 %
8 - 20	17.790.869 ha	6,4 %
0 - 8	123.009.032 ha	44 %

FIGURA 10.

Mapa de erosión eólica potencial en Argentina
Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2019).



Colombia, a partir de la formulación del Programa Nacional de Monitoreo y Seguimiento de la Degradación de Suelos y Tierras, ha elaborado los estudios nacionales de degradación de suelos por erosión (2015) y salinización (2019), y recientemente la zonificación de degradación de suelos por desertificación (2024).

La zonificación nacional de la degradación de suelos por erosión, a escala 1:100.000 para el periodo 2010-2012, se realizó mediante la implementación de la metodología propuesta en el protocolo de este proceso (Ideam y U.D.C.A., 2015), que consiste en la interpretación de imágenes de sensores remotos, donde se delimitan los rasgos (clase) de erosión y la intensidad de esta (grado), según su origen (tipo) hídrico o eólico. El mapa resultante de esta zonificación presenta un sistema de clasificación del proceso en tipo, clase y grado.

De acuerdo con esta zonificación de erosión, el 40 %, equivalente a 45.379.057 ha de la superficie continental de Colombia, presenta algún grado de degradación; el 20 % (22.821.888 ha) presenta erosión ligera, el 17 % (19.222.575 ha) erosión moderada, el 3 % (3.063.204 ha)

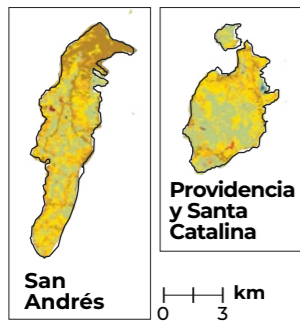
erosión severa y el 0,2 % (271.390 ha) erosión muy severa, como se observa en la Figura 11.

Para 2017 se elaboró el Estudio Nacional de Degradación de Suelos por Salinización, que incluye dos zonificaciones principales: la susceptibilidad de los suelos a la salinización y la zonificación del estado de salinización a escala 1:100.000. Esta última se realizó con base en la evaluación de diferentes estudios de suelos del país a la misma escala y en los datos de perfiles de suelos y puntos de control obtenidos durante el desarrollo del estudio. Con los datos de laboratorio se clasificaron los tipos de salinización según su origen (natural, antrópico o mixto), la clase de salinización (dominancia de las sales) y el grado de salinización (concentración o cantidad de sales).

De acuerdo con esta zonificación por salinización (Ideam, 2019), el 11,7 % de los suelos del país presenta algún grado de salinización, distribuido de la siguiente manera: 2,8 % en grado ligero (3.147.320 ha), 7,4 % en grado moderado (8.421.500 ha), 0,5 % en grado severo (531.124 ha) y 1,0 % en grado muy severo (1.142.051 ha). El 86,4 % no presenta problemas de salinización, ya que corresponde al grado muy ligero (o sin salinización) (98.566.941 ha) (ver Figura 12).

Foto. Salinización de suelos por uso con riegos de aguas con alto contenido de sales (aguas termales)
Ubicación. Villa de Leyva, Boyacá, Colombia
Autor. Reinaldo Sánchez López





Mar Caribe



DEGRADACIÓN FÍSICA
Erosión del suelo



PANAMÁ

VENEZUELA

Océano Pacífico

CONTEXTO

ECUADOR

BRASIL

PERÚ

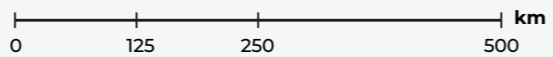
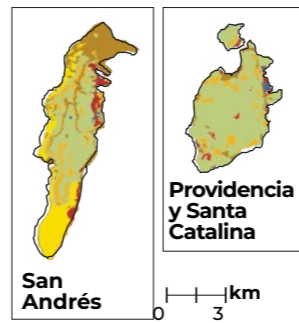


FIGURA 11.

Zonificación de la degradación de suelos por erosión en Colombia, según grado

Fuente: Ideam, MADS y U.D.C.A. (2015).

C1
C2
C3
C4
C5
C6
C7
C8



Mar Caribe



DEGRADACIÓN QUÍMICA
Salinización



PANAMÁ

VENEZUELA

Océano Pacífico

ECUADOR

BRASIL

PERÚ

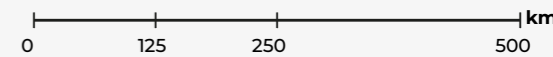
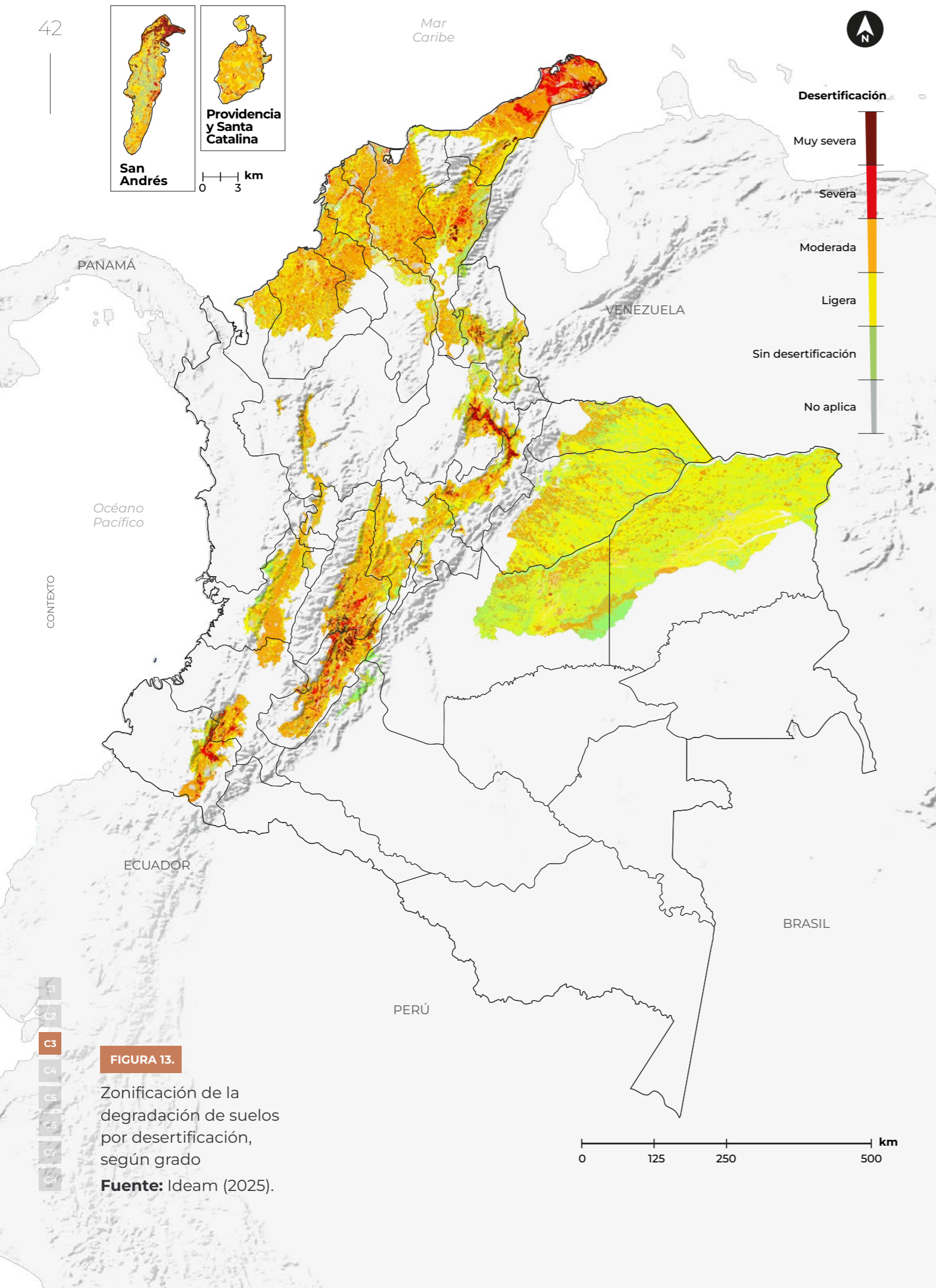


FIGURA 12.

Zonificación de la degradación de suelos por salinización en Colombia, según grado

Fuente: Ideam (2019).



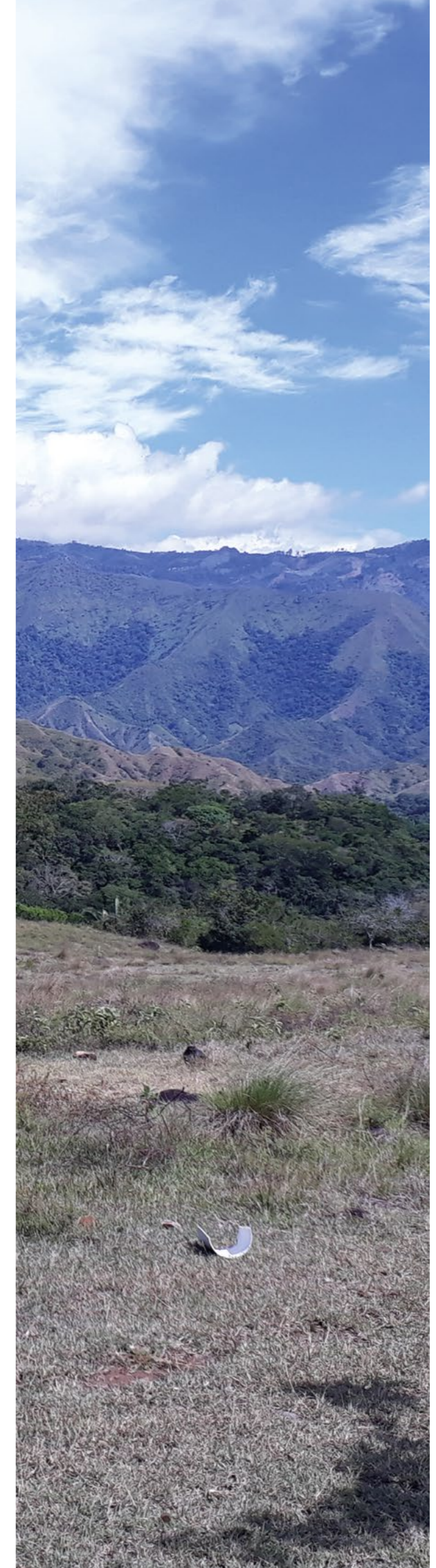
Recientemente se elaboró la zonificación nacional de la degradación de suelos por desertificación, a escala 1:100.000, correspondiente al periodo 2020 (Ideam, 2025). Esta se desarrolló a partir de un modelo cartográfico que integra los procesos de degradación física (erosión), química (salinización) y biológica (pérdida de materia orgánica), de manera acumulativa y sinérgica, en las zonas áridas, semiáridas (secas y muy secas) y subhúmedas del país, que abarcan el 27,2 % del territorio nacional.

El análisis espacial permitió generar la zonificación de la degradación de suelos por desertificación, que determinó que el 23,8 % de los suelos del país presenta algún grado de desertificación, distribuido de la siguiente manera: 11,4 % en grado ligero (12.997.111 ha), 10,7 % en grado moderado (12.112.215 ha), 1,4 % en grado severo (1.578.148 ha) y 0,3 % en grado muy severo (348.124 ha).

Foto. Zonas muy secas y áridas susceptibles a la desertificación

Ubicación. Villavieja, Huila, Colombia

Autor. Reinaldo Sánchez López



4

Enfoques y herramientas metodológicos para el monitoreo de la degradación de tierras y desertificación

- 4.1 Enfoques desde la CNUCL
Página 46
- 4.2 Enfoque desde Europa
(Unión Europea - Caso España)
Página 52
- 4.3 Marco de referencia y metodológico FPEIR
Página 59
- 4.4 Enfoques y metodologías - Argentina
Página 62
- 4.5 Enfoques y metodologías - Colombia
Página 67



4.1 Enfoques desde la CNULD

La Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación y la Sequía (CNULD), desde su creación en 1994, promovió la adopción de medidas eficaces en todos los niveles, respaldadas por acuerdos internacionales de cooperación y asociación, en el marco de un enfoque integrado coherente con el Programa 21, con el propósito de contribuir al desarrollo sostenible en las zonas afectadas. La Convención ha evolucionado en la forma de abordar la problemática de la desertificación y la sequía, especialmente en el apoyo a los países miembros para la formulación y alineación del Plan de Acción Nacional (PAN), los diagnósticos de las zonas afectadas y la estrategia de neutralidad.

En la Conferencia de las Partes (COP) 12 de la CNULD, mediante la decisión 2, se invitó a las partes afectadas a desarrollar líneas de base de la degradación de la tierra para establecer futuros compromisos voluntarios de neutralidad de la degradación de la tierra (NDT) dentro de sus programas de acción nacional. Además, se solicitó a los órganos de la CNULD ofrecer orientación en la formulación de metas e iniciativas nacionales de NDT y facilitar el uso del marco de indicadores de la CNULD como aporte a las actividades de seguimiento, evaluación y comunicación del progreso hacia la consecución de las metas nacionales de NDT (ver Figura 14). En la decisión 3, se integraron los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y sus metas en la aplicación de la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación, así como el informe del Grupo de Trabajo Intergubernamental sobre la Neutralidad de la Degradación de las Tierras.

En 2017, la COP 13 de la CNULD aprobó el Marco Estratégico para el periodo 2018-2030, con el fin de:

- Alcanzar los objetivos de la Convención y de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, en particular el ODS 15 y la meta 15.3 (“De aquí a 2030, luchar contra la desertificación, rehabilitar las tierras

y los suelos degradados, incluidas las tierras afectadas por la desertificación, la sequía y las inundaciones, y procurar lograr un mundo con efecto neutro en la degradación de las tierras”), así como otros ODS relacionados, dentro del ámbito de la Convención.

- Mejorar las condiciones de vida de las poblaciones afectadas.
- Mejorar los servicios de los ecosistemas.

El nuevo Marco Estratégico 2018-2030 constituye el compromiso global para alcanzar la neutralidad de la degradación de las tierras (NDT), con el objetivo de restablecer la productividad de amplias extensiones degradadas, mejorar los medios de vida y reducir los impactos de la sequía en poblaciones vulnerables. Busca construir un futuro que evite, minimice y revierta la desertificación y la degradación de las tierras, y mitigue los efectos de la sequía en las zonas afectadas, en todos los niveles, para lograr un mundo neutral en degradación de tierras, en coherencia con la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible.

Asimismo, en la COP 13 se invitó a todos los países parte a formular metas voluntarias orientadas a alcanzar la NDT y se solicitó a los órganos de la CNULD ofrecer

orientación en la formulación de metas e iniciativas nacionales de NDT y facilitar el uso del marco de indicadores de la CNULD como apoyo a las actividades de seguimiento, evaluación y comunicación del progreso hacia la consecución de las metas nacionales de NDT. El Mecanismo Mundial (MM) de la CNULD estableció el Programa para el Establecimiento de Metas (PEM), enfocado en brindar apoyo a los países para definir metas nacionales de NDT y medidas asociadas.

Los enfoques y estrategias formulados por la Convención han surgido de diversas iniciativas y proyectos que acompañan la implementación de la CNULD, entre ellos la Evaluación de Ecosistemas del Milenio (MEA), el Proyecto LADA, la red Wocat y el Proyecto Soporte a las Decisiones para el Manejo Sostenible de Tierras SD-MST (DS-SLM).

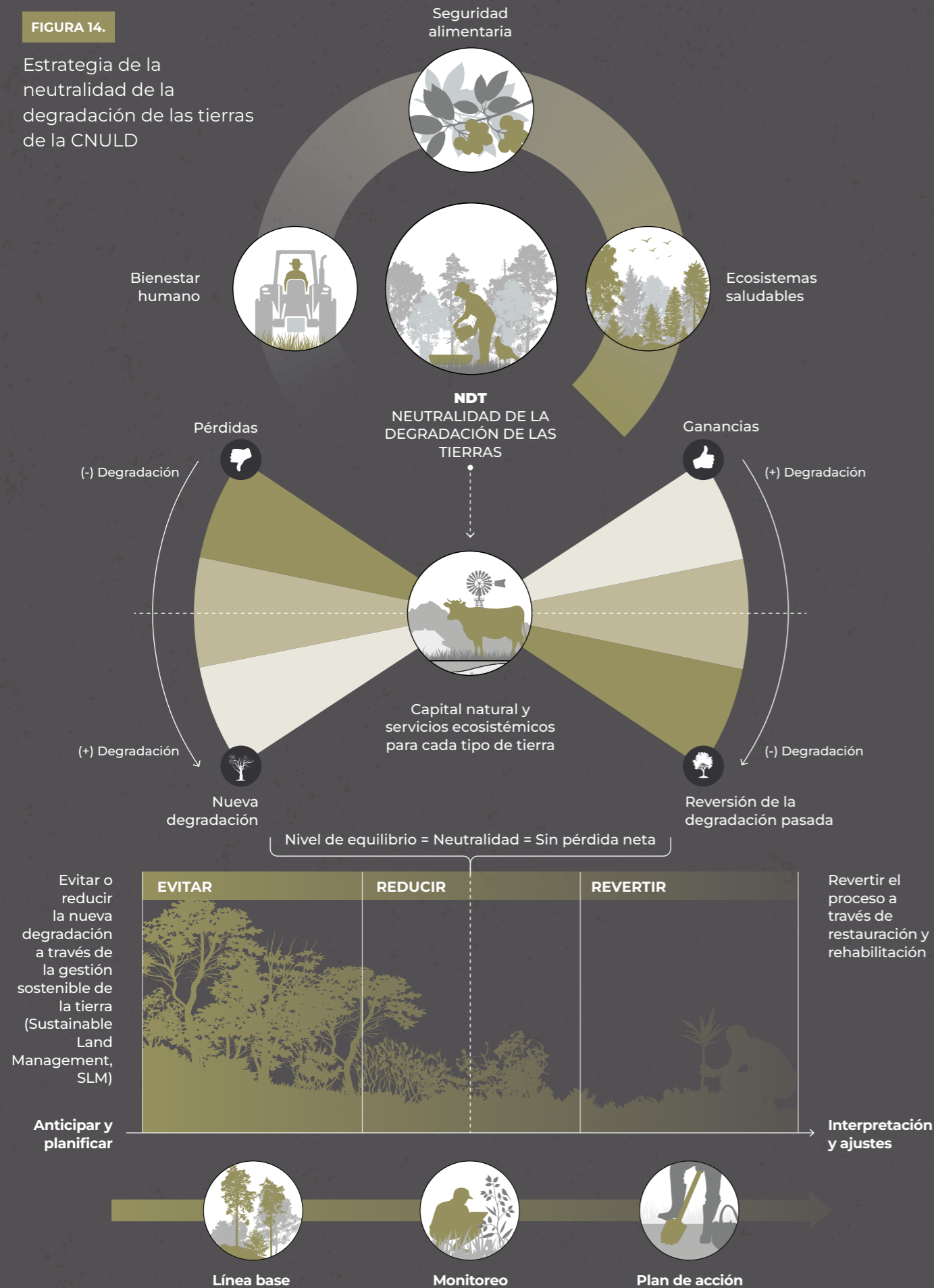
La Evaluación de Ecosistemas del Milenio (MEA) y su Informe de Síntesis sobre la relación con la desertificación (World Resources Institute, 2005) aportaron de manera significativa al conocimiento del proceso de desertificación a escala global. El informe destaca la importancia de mantener ecosistemas funcionales para el bienestar humano y el crecimiento económico sostenible, en especial en las tierras secas del planeta.

Foto. Erosión en surcos y cárcavas por uso inadecuado de los suelos
Ubicación. Suesca, Cundinamarca. Colombia
Autor. Javier Otero García



FIGURA 14.

Estrategia de la neutralidad de la degradación de las tierras de la CNULD



Fuente: Ideam (2019). Modificada de CNULD (2017).



Foto. Desertificación de suelos por salinización debido a riego excesivo con aguas salinas
Ubicación. Hibacharo, Piojó, Atlántico, Colombia
Autor. Fredy Neira

Las poblaciones que habitan zonas climáticas áridas, semiáridas y subhúmedas secas —campo de intervención de la CNULD— se ven gravemente afectadas por la vulnerabilidad ambiental y la pobreza. La síntesis sobre desertificación, sustentada en evidencia científica sólida, plantea que el tema debe incluirse de manera prioritaria dentro de los Objetivos de Desarrollo del Milenio de las Naciones Unidas. La desertificación debe combatirse en todos los niveles, aunque la victoria se logrará en última instancia a escala local. El informe deja claro que este fenómeno forma parte de una cadena global de causalidad y que sus impactos trascienden las áreas afectadas, contribuyendo de manera importante al cambio climático y a la pérdida de biodiversidad.

Por su parte, las iniciativas LADA y Wocat surgieron de las necesidades de los países participantes en el marco de la CNULD. El proyecto internacional LADA (Evaluación de la Degradación de Tierras en Zonas Áridas) tuvo como objetivo desarrollar una metodología estandarizada para evaluar el estado y las causas de la degradación de las tierras en zonas áridas. Esta metodología ha servido como herramienta de evalua-

ción adoptable por los países afectados por la desertificación. El proyecto se implementó en Argentina (Suramérica), China (Asia oriental), Cuba (América Central y el Caribe), Senegal (África occidental francófona), Sudáfrica (África meridional, central y oriental) y Túnez (África del norte y Mediterráneo). Cada uno de estos países presenta condiciones ambientales, sociales y culturales distintas, y mediante la aplicación de la misma metodología de evaluación de la desertificación propuesta por LADA, desarrollaron adaptaciones útiles para sus contextos regionales.

La red Wocat se ha dedicado a compilar, documentar, evaluar, compartir, difundir y aplicar el conocimiento sobre manejo sostenible de la tierra (MST). En 2014, su fortalecimiento y crecimiento culminaron con el reconocimiento oficial por parte de la CNULD como la principal base de datos global recomendada sobre MST y mejores prácticas. Las herramientas desarrolladas por el proyecto LADA se integraron en la plataforma Wocat, que ofrece instrumentos para evaluar la degradación de tierras y definir prácticas de manejo sostenible que combaten sus causas. Las principales herramientas proporcionadas por

LADA-Wocat son los cuestionarios QM (mapeo), QA (enfoques) y QT (tecnologías), entre otros.

El proyecto “Soporte a las Decisiones para la Integración y Ampliación del Manejo Sostenible de Tierras SD-MST (DS-SLM)” fue un proyecto del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF) cuyo objetivo consistió en aumentar el suministro de bienes y servicios ecosistémicos y mejorar la seguridad alimentaria en los países y regiones afectados por la desertificación, la degradación de las tierras y la sequía, mediante la promoción del manejo sostenible de tierras, la gestión integrada y la eficiencia en el uso de los recursos naturales. Este proyecto global involucró a 15 países: Asia (Bangladés, China, Filipinas, Tailandia); África (Nigeria, Lesoto, Túnez, Marruecos); Latinoamérica (Argentina, Colombia, Ecuador, Panamá) y Europa oriental y central (Bosnia-Herzegovina, Turquía, Uzbekistán) (Schlingloff, 2016). Sus objetivos se desarrollaron a través de tres componentes interrelacionados:

- Apoyo a la toma de decisiones nacionales y locales para combatir la DDTs y promover la integración y ampliación de las mejores prácticas del MST.
- Plataforma global de gestión del conocimiento y apoyo a la toma de decisiones en DDTs y MST.
- Seguimiento, evaluación y difusión de resultados.



En **Colombia**, este proyecto siguió los lineamientos de las metodologías y herramientas LADA y Wocat, adaptadas a las condiciones del país. Se estructuró en cuatro componentes principales:

- 1 **Evaluación de la degradación de tierras a nivel subnacional y local.**
- 2 **Implementación de prácticas de manejo sostenible de tierras.**
- 3 **Incorporación del enfoque de MST en instrumentos de planificación y financieros.**
- 4 **Capacitación, extensión y documentación.**

Se ejecutó mediante un convenio entre la FAO y la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA), con un equipo multidisciplinario orientado por una mesa técnica interinstitucional.



En **Argentina**, el proyecto DS-SLM tuvo un objetivo transversal en todos los componentes del sistema de monitoreo: desarrollar y poner a disposición herramientas que faciliten la incorporación del MST en políticas públicas, su monitoreo adecuado y su implementación técnica bajo enfoques apropiados. El aporte fundamental del proyecto se estructuró en cuatro componentes:

- 1 **Actualización de la línea base de sistemas de uso de la tierra y su degradación funcional.**
- 2 **Acuerdos institucionales sobre buenas prácticas de MST y compilación de experiencias y conocimiento técnico y científico.**
- 3 **Implementación de modelos de MST a escala local y esquemas de replicabilidad.**
- 4 **Herramientas para diseñar una estrategia de inserción y posicionamiento del MST a nivel local.**



Foto. Desertificación por degradación de suelos por erosión severa en terracedo y surcos

Ubicación. Anzá, Antioquia, Colombia

Autor. Reinaldo Sánchez López

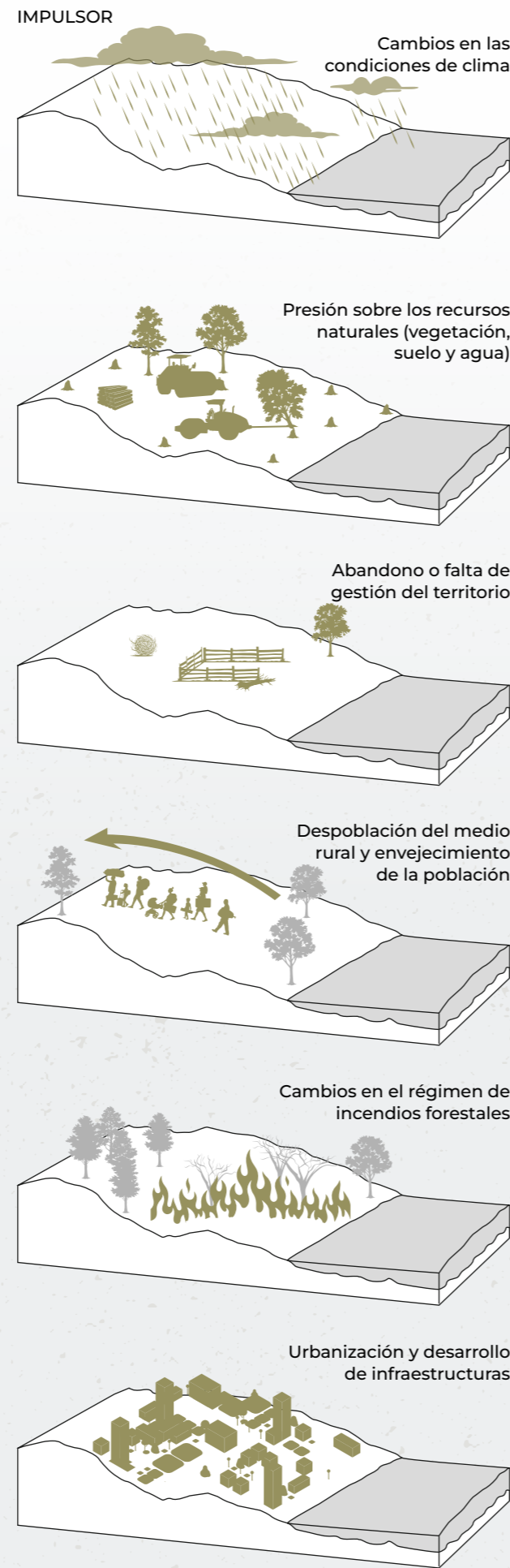
4.2 Enfoque desde Europa (Unión Europea - Caso España)

El avance en el conocimiento de la desertificación y de la dinámica socioecológica de las zonas secas ha puesto en duda el uso de modelos de evaluación basados únicamente en la agregación de indicadores. Las causas de la desertificación, los procesos implicados y los impactos sobre los estados de los ecosistemas y los servicios que estos proporcionan varían tanto en el tiempo como en el espacio, así como según la perspectiva de los distintos usuarios. Por ello, no es posible cartografiar la desertificación con un solo indicador. Ante esta situación, la Estrategia Nacional de Lucha contra la Desertificación (ENLD) (Miteco, 2022) adopta, para el diagnóstico de la situación actual del riesgo de desertificación en España, el enfoque de convergencia de evidencias (Cherlet, 2018).

El enfoque de convergencia de evidencias se basa en la concurrencia de diversos procesos y presiones relacionados con la degradación de la tierra, que permiten identificar los territorios donde puede existir un riesgo potencial de degradación. Esta identificación se apoya en un conjunto de indicadores que informan sobre las causas directas e indirectas de la desertificación (impulsores), así como sobre los impactos que esta provoca en los recursos de las tierras (vegetación, suelo y agua).

Los impulsores, procesos de degradación o impacto, y los indicadores contemplados en la ENLD para la evaluación de la desertificación son los siguientes (Figura 15).

Los indicadores de los impulsores (*driving forces*) de los procesos de desertificación y degradación se relacionan entre sí, tal y como se representan en la Figura 16.



INDICADORES

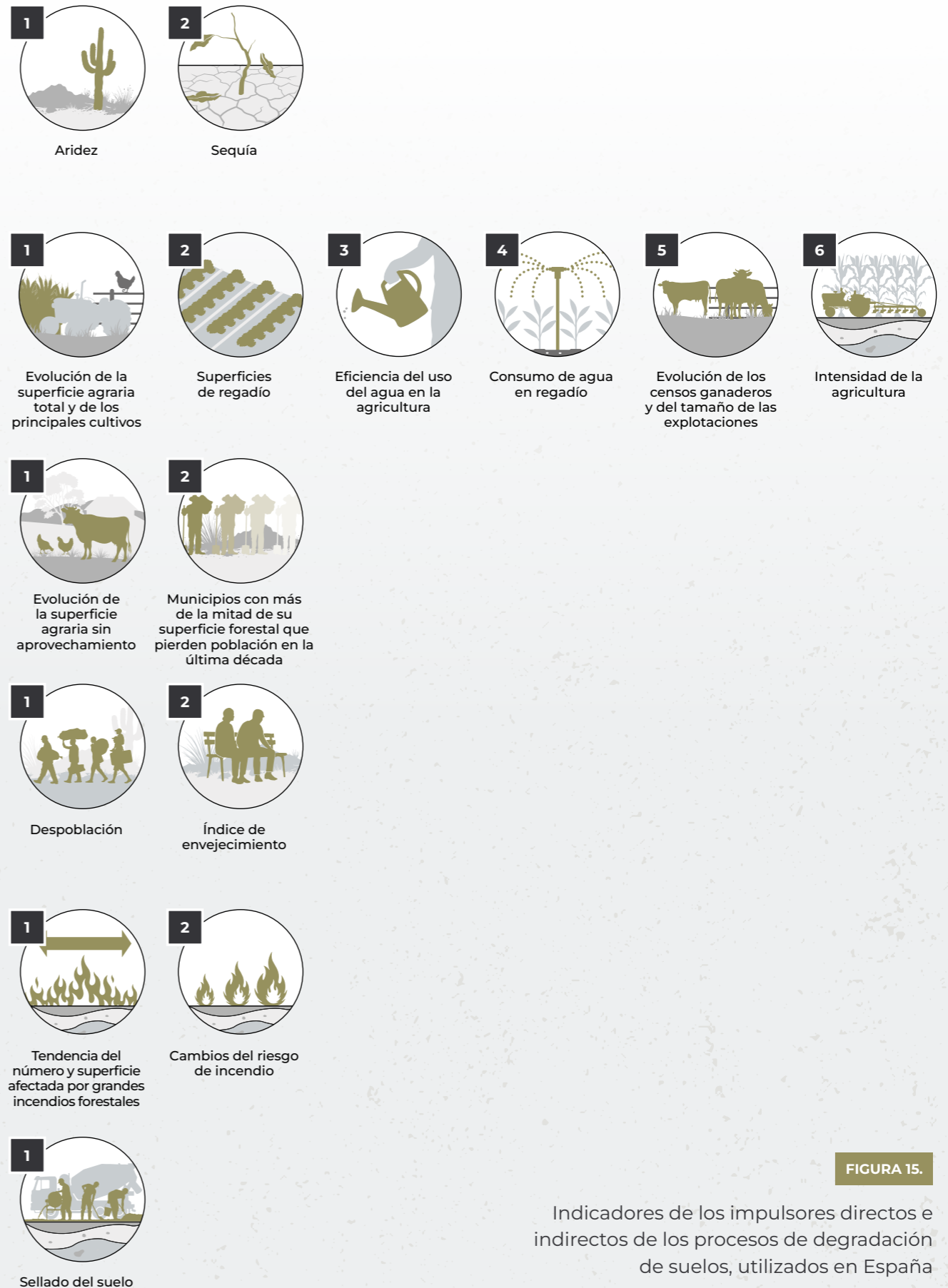


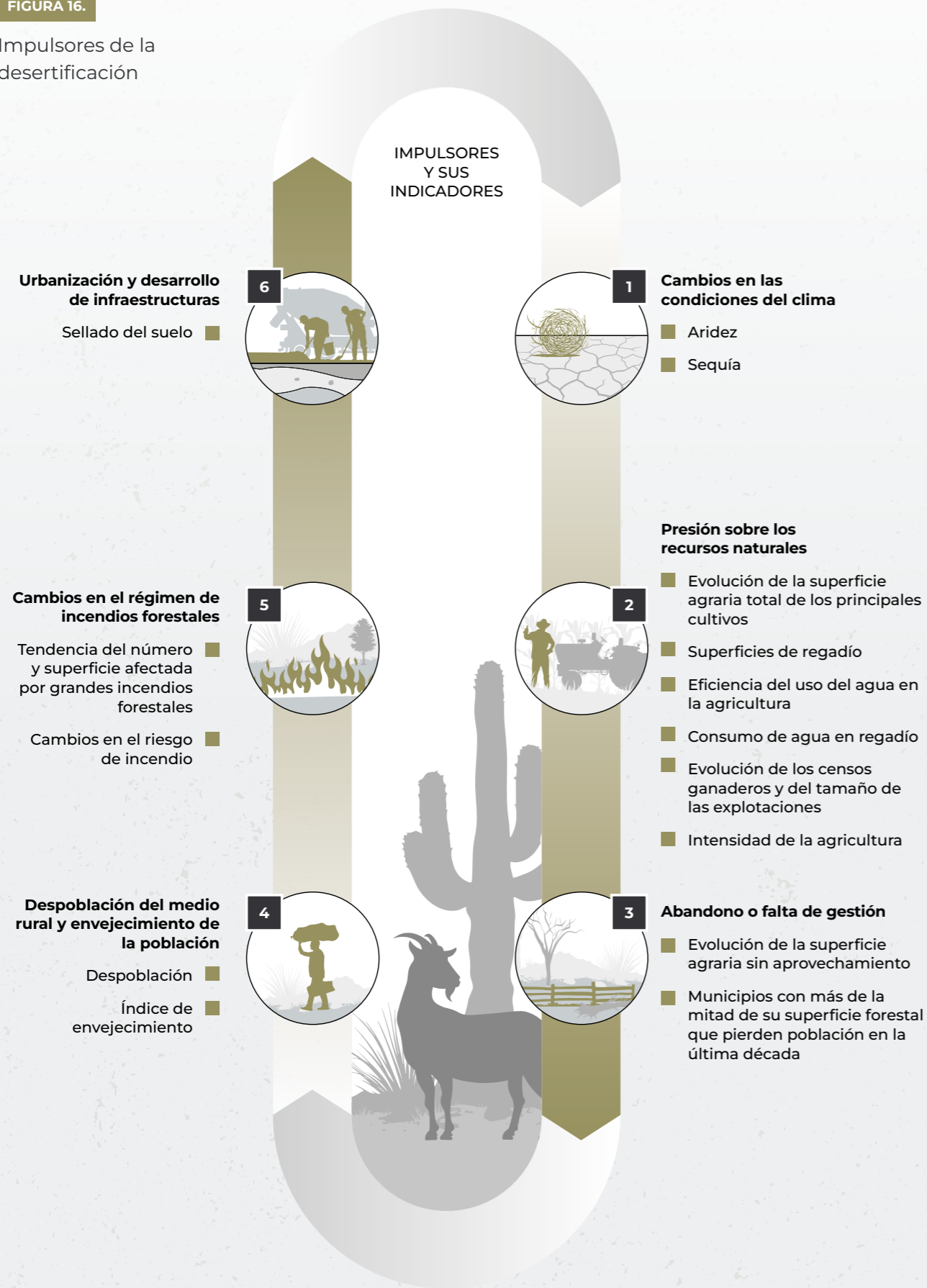
FIGURA 15.

Indicadores de los impulsores directos e indirectos de los procesos de degradación de suelos, utilizados en España

Fuente: Miteco (2022).

FIGURA 16.

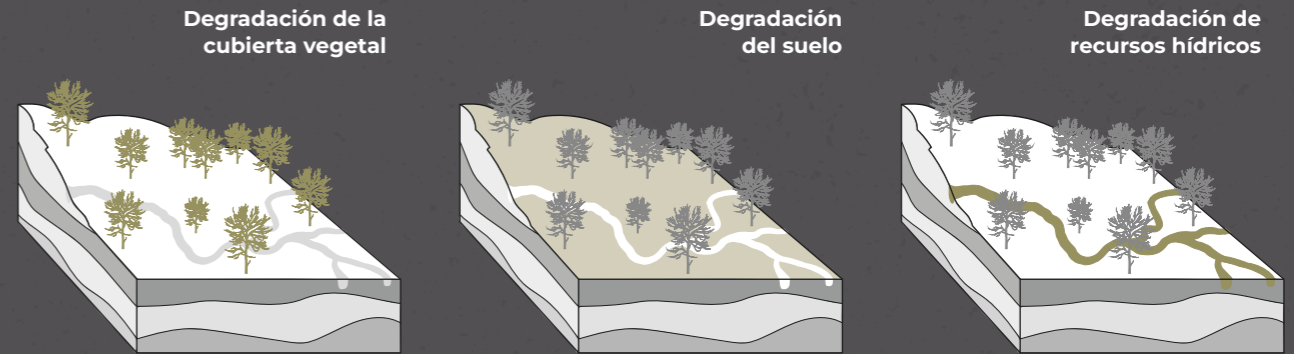
Impulsores de la desertificación



Fuente: adaptado de Miteco (2022).

Los indicadores para identificar impactos en la degradación de tierras son variados y abarcan múltiples aspectos. La selección de indicadores específicos depende del contexto local y en los objetivos de la evaluación en la ENLD se utilizaron los siguientes:

PROCESOS



INDICADORES

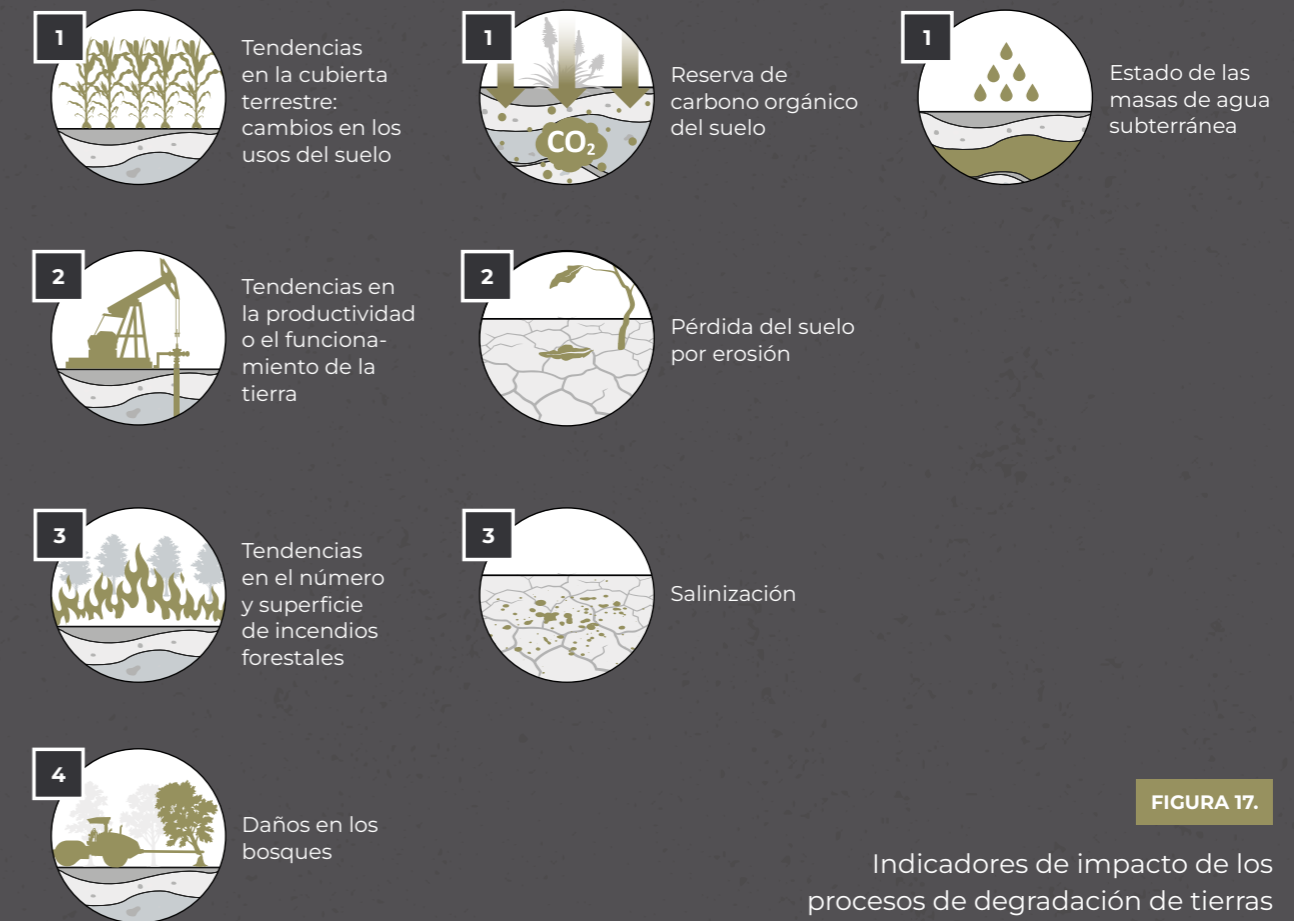


FIGURA 17.

Indicadores de impacto de los procesos de degradación de tierras

Fuente: Miteco (2022).

Como en el caso de los indicadores de impulsores de la desertificación, los indicadores de impacto están relacionados entre sí, como se muestra en la Figura 18.

Entre las acciones que propone la ENLD se encuentra la elaboración de un Atlas de la Desertificación en España, como instrumento básico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de las medidas de lucha contra la desertificación y de restauración de las áreas afectadas. La Fundación Biodiversidad, adscrita al Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, ha financiado un proyecto actualmente en curso para la elaboración del Atlas de la Desertificación en España.

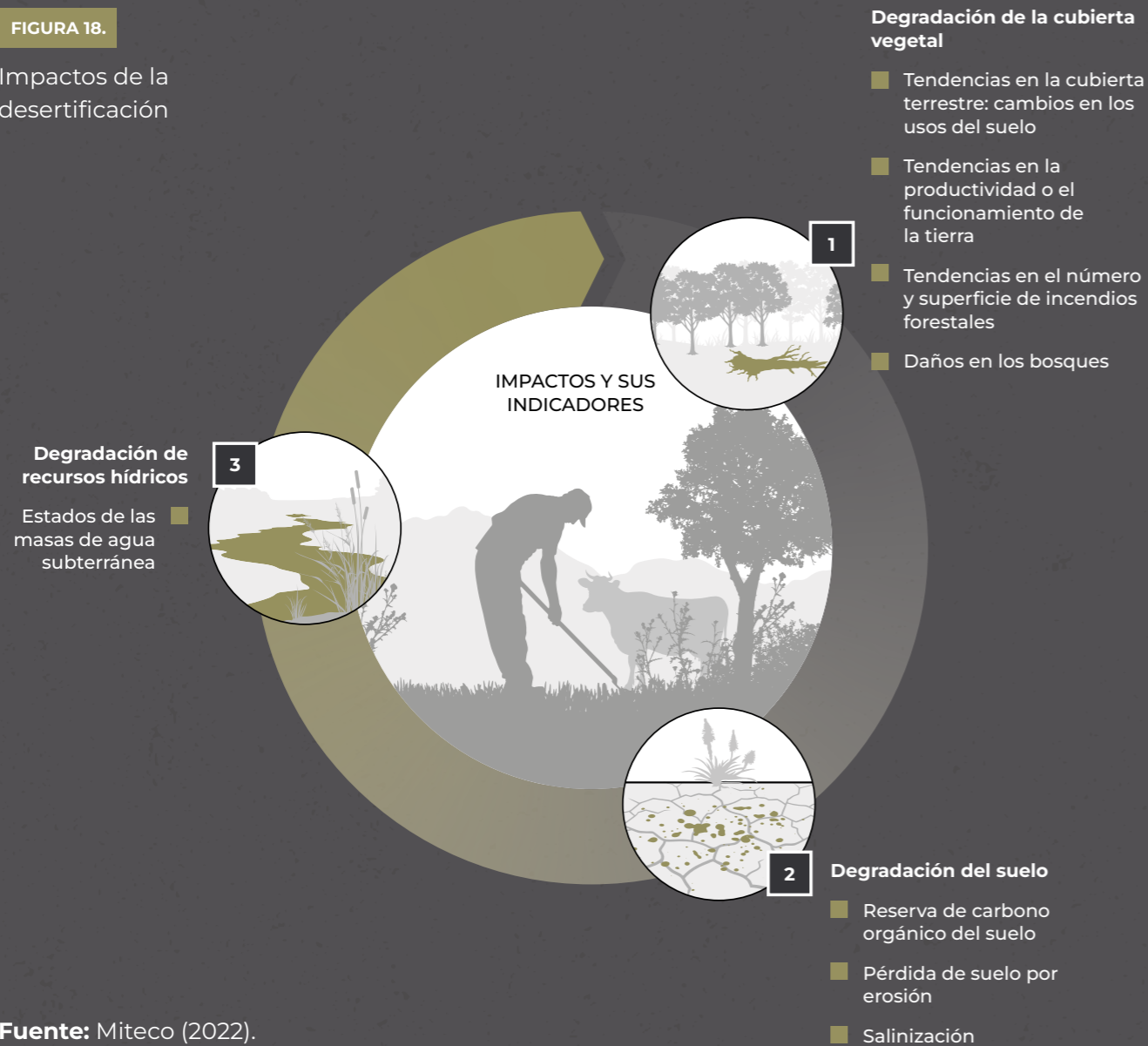
La elaboración del Atlas de la Desertificación se realizará en dos fases (Figura 19) (Martínez Valderrama, 2023). En la primera fase se recopilará la información geoes-

patial disponible sobre distintas variables biofísicas y socioeconómicas, y se elaborará un listado de casos de desertificación atendiendo al criterio de convergencia de evidencias y a los escenarios de desertificación identificados en la Estrategia Nacional de Lucha contra la Desertificación (ENLD). Cada caso de desertificación identificado se describirá de manera cuantitativa mediante los valores de las variables consideradas.

En una segunda fase, se utilizarán técnicas de inteligencia artificial (Guirado, 2021) para, a partir de los casos de desertificación descritos en la primera etapa y del valor de las variables empleadas, discernir cuáles son las variables predictoras del riesgo de desertificación en España y su importancia relativa. El resultado de este análisis permitirá elaborar mapas de probabilidad del riesgo de desertificación en distintos escenarios de cambio climático y de uso del suelo.

FIGURA 18.

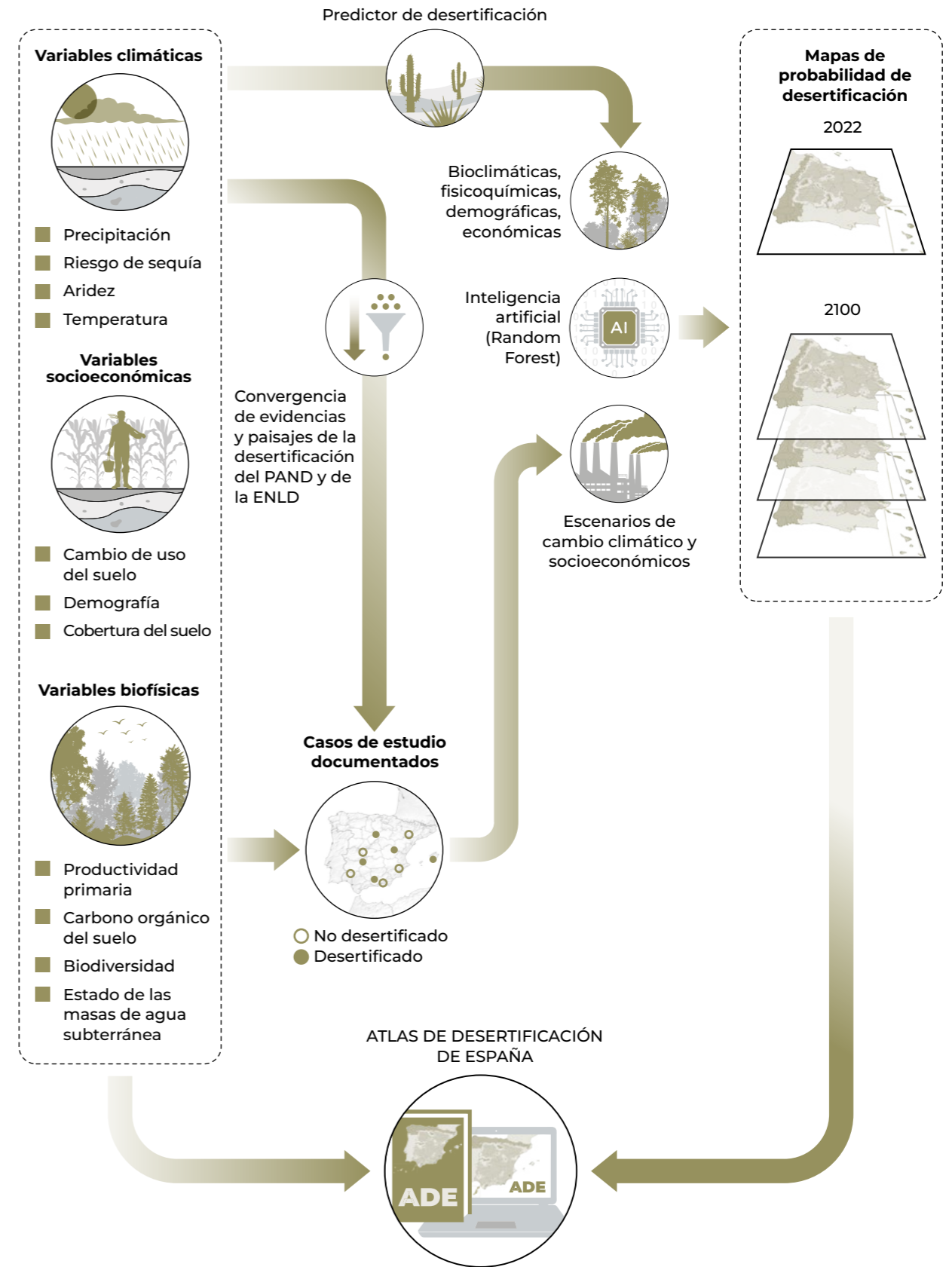
Impactos de la desertificación



Fuente: Miteco (2022).

FIGURA 19.

Proceso metodológico para la elaboración del Atlas de Desertificación en España



Fuente: adaptado de Martínez-Valderrama et al. (2023).

El enfoque del World Atlas of Desertification (WAD): la convergencia de evidencias (Cherlet et al., 2018)

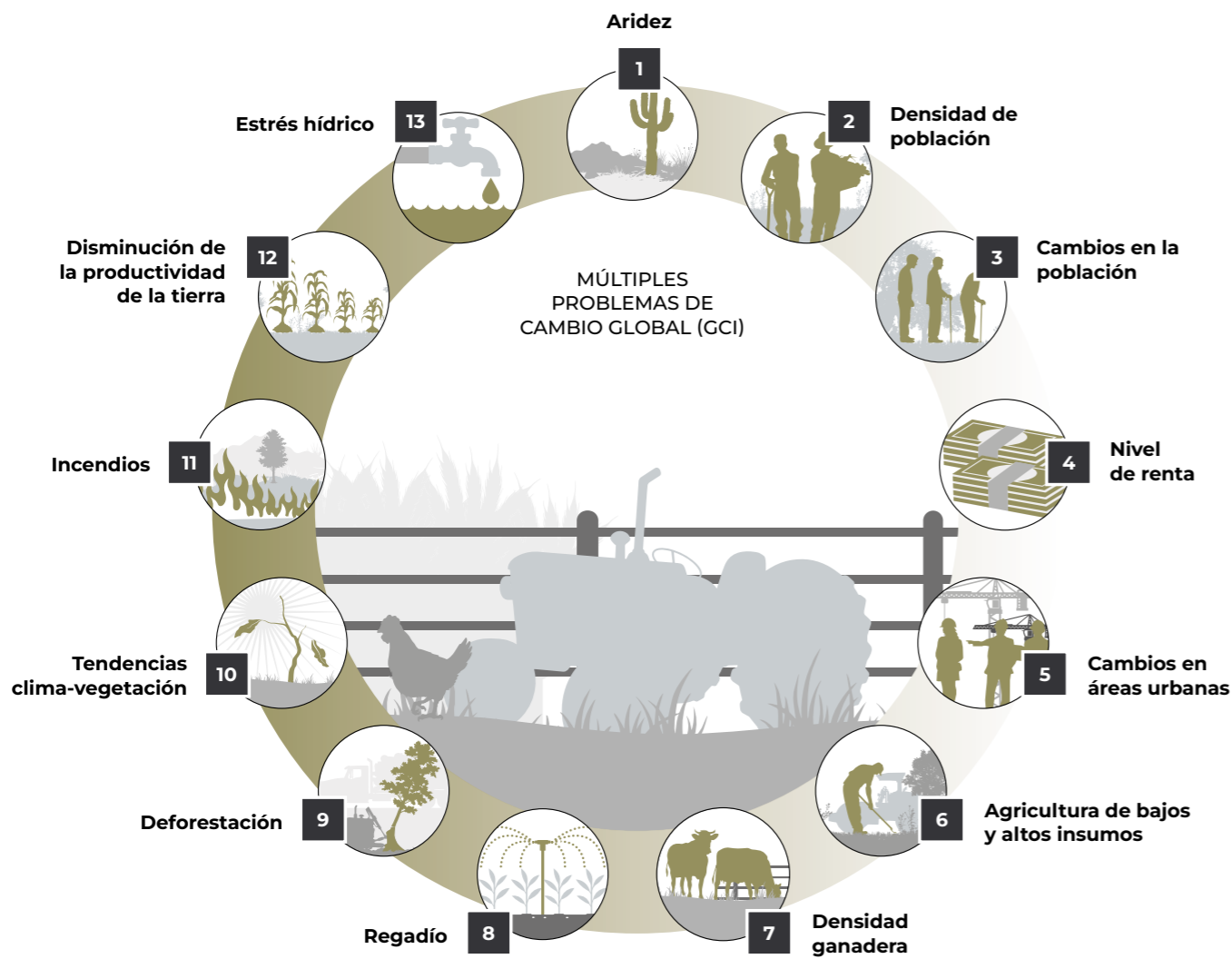
La tercera edición del *Atlas Mundial de la Desertificación* adopta el enfoque de mapear los puntos calientes de desertificación. Estos puntos se identifican por la concurrencia de diversas evidencias (*Global Change Issues*) que indican la existencia de altas tasas de con-

sumo de recursos y bajos niveles de reposición. Las evidencias emplean información biofísica relacionada con la aridez, la productividad primaria neta, el estrés hídrico o la deforestación, así como información socioeconómica como la densidad de población o el crecimiento urbano (ver Figura 20).

Esta convergencia debe matizarse/completarse con información local/regional que ayude a interpretar las relaciones y sus efectos sobre la degradación de la tierra.

FIGURA 20.

Propuesta WAD para riesgo de erosión basada en problemas de cambio global



Fuente: adaptado de Guirado (2021).

4.3 Marco de referencia y metodológico FPEIR

La adopción de un marco conceptual ordenador del trabajo de evaluación y monitoreo resulta fundamental para definir esquemas de trabajo claros. Existen numerosos marcos conceptuales que se han utilizado para la evaluación y el monitoreo de la desertificación. Uno de los puntos de convergencia en el enfoque de trabajo de Colombia, Argentina y España es el marco conceptual y metodológico denominado FPEIR o DPSIR (siglas en inglés). El modelo FPEIR (fuerzas motrices, presiones, estado, impactos y respuestas) es un sistema integral de organización de indicadores que permite comprender los diferentes factores que intervienen en un proceso determinado, en este caso particular, la degradación de suelos.

En el caso de Argentina, el consenso general adoptado por el Observatorio Nacional de Degradación de Tierras y Desertificación (ONDyD) es la adhesión a un marco conceptual basado en la integración de los enfoques Fuerzas Impulsoras-Presiones-Estado-Impactos-Respuestas (FPEIR), el abordaje de los servicios ecosistémicos del Millennium Ecosystem Assessment (2005) y los Medios de Subsistencia Rurales Sostenibles o Medios de Vida Sostenibles (FAO, 2011).

El marco conceptual FPEIR permite vincular exitosamente los resultados de los diferentes componentes socioeconómicos y biofísicos, y a su vez realizar una integración con los servicios ecosistémicos y la información referida a los medios de subsistencia. A partir de este análisis integrado, es posible detectar los cambios (positivos o negativos) en un determinado periodo, identificar las causas de las variaciones observadas en los factores biofísicos y socioeconómicos, y generar recomendaciones con base en el análisis de las relaciones causa-efecto (ver Figura 21).

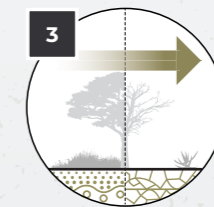
En las evaluaciones desarrolladas bajo este marco ordenador, los indicadores utilizados deben relacionarse con cada uno de sus componentes, que son:



Fuerzas generadoras o motrices: los indicadores de este grupo incluyen aquellas actividades que pueden causar indirectamente el problema.



Indicadores de presión: los indicadores de este grupo incluyen aquellas actividades que pueden generar directamente un aumento de la presión sobre el recurso natural.



Indicadores de estado: reflejan las condiciones actuales de la tierra y su resiliencia para resistir los cambios.



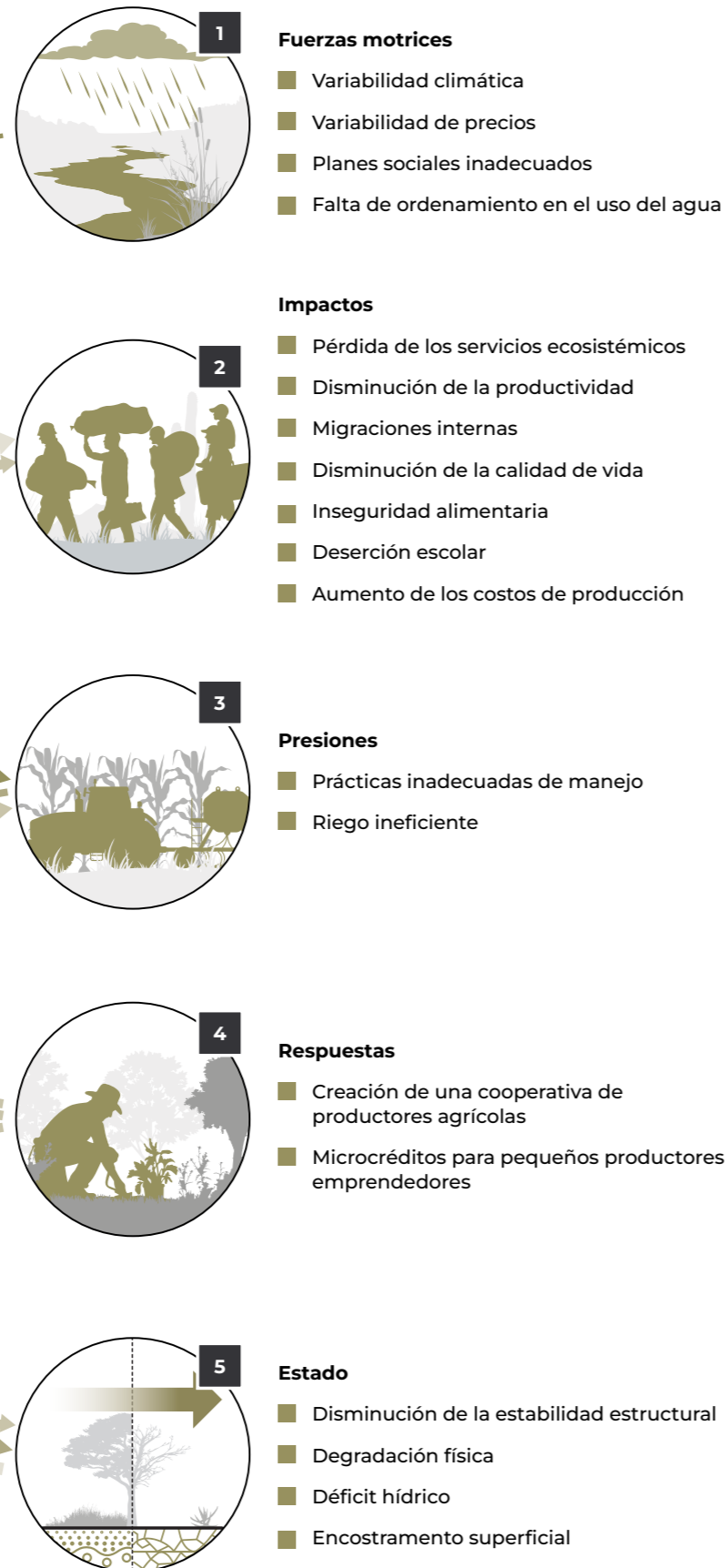
Indicadores de impacto: describen los efectos y consecuencias de una mayor o menor presión sobre el recurso natural.



Indicadores de respuesta: incluyen los mecanismos que se aplican mediante acciones directas de los usuarios de la tierra para reducir la presión sobre esta. En algunos casos excepcionales, pueden requerirse normas ambientales para lograr un control adecuado de la degradación de la tierra.

FIGURA 21.

Ejemplo del marco conceptual FPEIR aplicado a la degradación de tierras con base en LADA/FAO (2011) para Argentina



Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2019).

Otra herramienta utilizada en Argentina se relaciona con el marco conceptual de los medios de vida sostenibles, específicamente con el análisis del pentágono. Se considera que el bienestar es un factor determinante del comportamiento del productor en relación con el manejo de sus recursos. La aplicación de este marco conceptual permite representar de forma clara y visual las diferencias en los recursos de los que disponen los productores o grupos dentro de una comunidad (o entre comunidades). Por ello, este método suele emplearse para comparar diferentes áreas a lo largo del tiempo, ya que es menos dependiente del juicio individual o grupal. Aunque el método de análisis no brinda una cuantificación exacta de la realidad, permite visualizar los medios de vida con los que cuenta una determinada población. El concepto de base es que un medio de vida es sostenible cuando puede afrontar y recuperarse de rupturas y caídas bruscas en cada uno de los componentes o capitales que considera (humano, social, físico e infraestructura, financiero y natural) y mantener sus capacidades y activos asociados a cada uno de estos ejes, tanto en el presente como en el futuro, sin desmejorar las bases de sus recursos naturales.

Colombia, desde la concepción metodológica, también ha adoptado el modelo FPEIR como base para desarrollar los estudios de degradación de suelos y desertificación. Los distintos protocolos se han estructurado siguiendo este modelo, ya que permite establecer relaciones entre los diferentes indicadores. Los elemen-

tos del modelo se vinculan entre sí y se definen de la siguiente manera:

- Las fuerzas motrices son causas indirectas del estado actual de un recurso natural (políticas económicas, usos históricos del suelo, auges económicos, entre otros). Estas a su vez producen presiones, que son causas directas (usos intensivos del suelo, crecimiento poblacional, urbanización, cambio de uso del suelo, transformación de la cobertura, entre otros). Estos dos componentes explican el estado actual del recurso, en este caso la degradación del suelo.
- Luego se presentan las consecuencias o impactos (pérdida de fertilidad de las tierras, baja productividad, colmatación de embalses, cambios en la estructura y función del recurso).
- Finalmente, se generan respuestas para el seguimiento del estado del recurso y de toda la cadena relacional multivariable, con el fin de contrarrestar o mitigar los problemas que causa la degradación de un recurso natural.

La metodología propuesta en los protocolos de los procesos de degradación está estructurada siguiendo los análisis del FPEIR. A manera de ejemplo, en la siguiente figura se presentan algunas de las variables que se utilizan en cada una de las etapas y la relación entre ellas, tomando como caso la degradación de suelos por desertificación.

- Foto.** Proceso de desertificación por remoción de la cobertura vegetal y procesos de erosión en surcos
- Ubicación.** Isla de San Andrés, Colombia
- Autor.** José Alejandro Salamanca, Edson Marroquín



FIGURA 22.

Modelo FPEIR aplicado al proceso de degradación de suelos por desertificación en Colombia

Fuente: Ideam (2019).



4.4 Enfoques y metodologías - Argentina

Argentina aprobó la adhesión a la CNULD mediante la Ley Nacional n.º 24.701 en 1996. A partir de entonces comenzó la elaboración del Programa de Acción Nacional de Lucha contra la Desertificación, la Degradación de Tierras y la Mitigación de la Sequía (PAN) como primer instrumento de planificación. La formulación del PAN en Argentina se inició en 1995 por una iniciativa de la ex Secretaría de Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable (actual Subsecretaría de Ambiente) y fue aprobada formalmente por resolución. Asimismo, se

adelantó un proceso de fortalecimiento institucional que conformó e institucionalizó la Comisión Asesora Nacional (CAN) del PAN (Res. SAyDS n.º 250/03). En 2016 se puso en marcha el proyecto “Alineamiento del Programa de Acción Nacional con la Estrategia Decenal de la CNULD”. El objetivo del proyecto fue fortalecer las capacidades institucionales nacionales mediante la alineación del PAN con la Estrategia Decenal de la CNULD y dar cumplimiento al proceso de revisión y al informe nacional (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, 2019).

La evolución de la estrategia de la CNULD llevó a la Conferencia de las Partes a adoptar decisiones orientadas a impulsar la actualización de los programas de acción nacionales para alinearlos con dichos instrumentos. A través del proyecto “Construcción de Alianzas Estratégicas Financieras para la Consolidación del PAN”, se avanzó en la actualización de la agenda de intervención y en la articulación de los proyectos desarrollados con fondos de cooperación internacional. Asimismo, los “Informes de la República Argentina como país Parte afectado sobre el

Sistema de Evaluación de la Revisión del Desempeño en la Implementación” de la CNULD (PRAIS, por su sigla en inglés) proporcionaron insumos significativos para el proceso de alineación. Además, como estrategia de salida del proyecto LADA, se creó el Observatorio Nacional de la Degradación de Tierras y Desertificación (ONDTyD), que permitió formular una metodología nacional y local para evaluar la degradación de tierras (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, 2019).

A partir del proyecto Evaluación de la Degradación de Tierras en Zonas Áridas (LADA, por su sigla en inglés) surgió la creación y puesta en marcha del ONDTyD en septiembre de 2011, como un esfuerzo conjunto entre el sector científico-tecnológico y los responsables de la toma de decisiones políticas: la entonces Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (SAyDS), el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (Conicet), el Instituto Argentino de Investigaciones de Zonas Áridas (Iadiza), el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y universidades nacionales. El ONDTyD tiene como objetivo general proveer infor-

mación sobre el estado, las tendencias y el riesgo de la degradación de tierras y la desertificación, con el fin de elaborar propuestas e impulsar medidas de prevención y mitigación que sirvan para el asesoramiento de los tomadores de decisiones públicas y privadas, así como para la concientización e información de la sociedad en general (Iadiza, 2019).

Los objetivos específicos del ONDTyD son los siguientes:

- Generar mecanismos para el intercambio de información entre las instituciones que conforman el observatorio y diseñar herramientas de acceso a esta para distintos usuarios.
- Definir indicadores para el monitoreo de la degradación de tierras y la desertificación, priorizando los adoptados por la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación.
- Promover la generación y difusión del conocimiento sobre la degradación de tierras y la desertificación en diversos ámbitos.

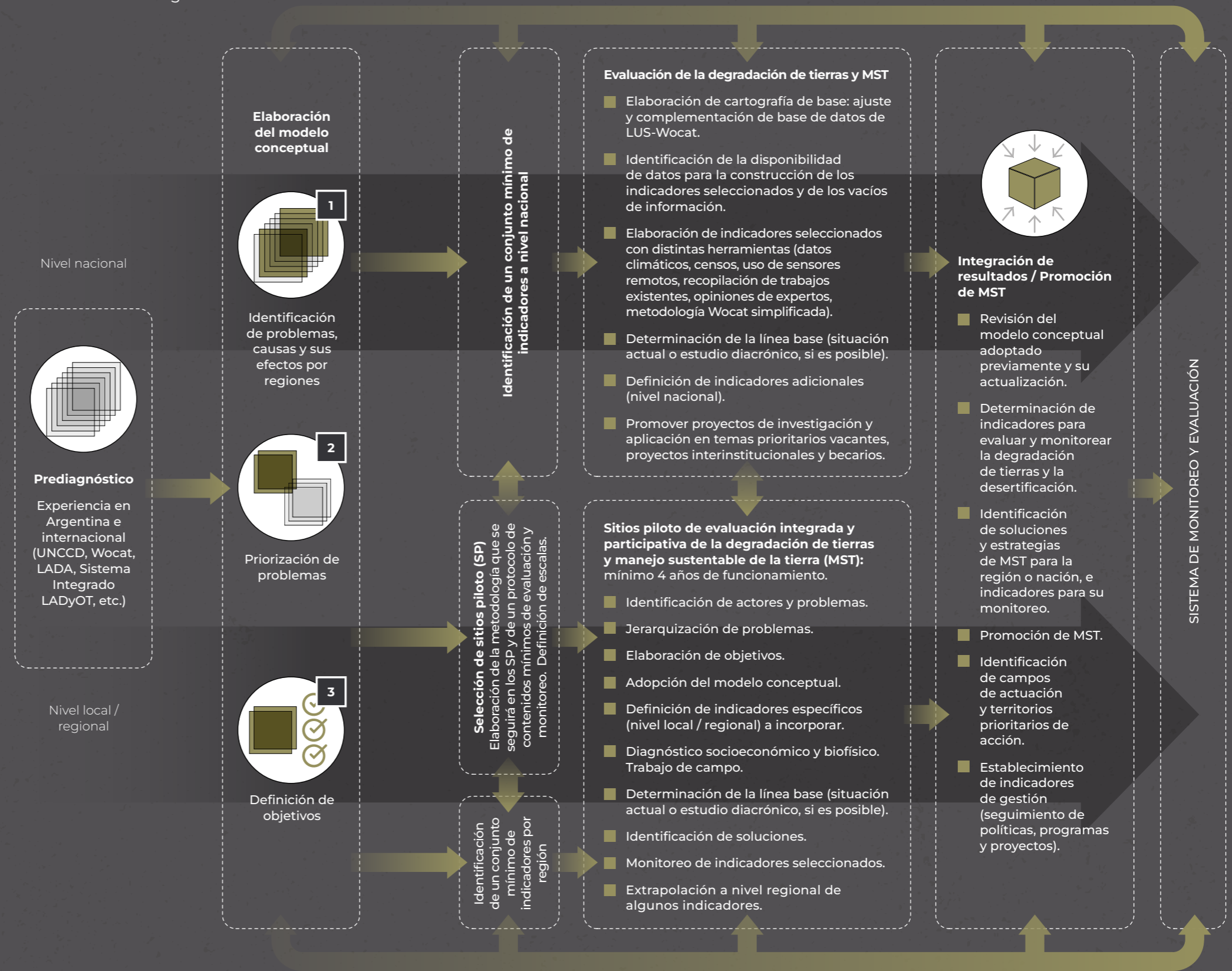
- Fortalecer las capacidades relacionadas con la evaluación y el monitoreo de la degradación, así como con la identificación e implementación de buenas prácticas.
- Responder a las necesidades de información de los organismos nacionales y provinciales encargados de la gestión de los recursos naturales.
- Elaborar recomendaciones sobre prácticas de prevención y mitigación de la degradación y de rehabilitación de tierras degradadas.
- Articular con otras experiencias similares en el ámbito nacional e internacional.
- Elaborar y difundir recomendaciones y protocolos estandarizados para la recolección, análisis y generación de información pertinente sobre la degradación de las tierras.

Los miembros del ONDTyD desarrollaron e implementaron el Sistema Nacional de Evaluación y Monitoreo de Tierras a diferentes escalas (nacional, regional y local), basado en un enfoque integral, interdisciplinario y participativo, en 2013 (ver Figura 23). Este sistema se apoya en la red de organizaciones científico-tecnológicas y políticas del ONDTyD. Una de sus principales actividades consiste en la generación y sistematización de información sobre la degradación de tierras y la desertificación, tanto a nivel nacional como local, mediante indicadores que permiten el monitoreo a lo largo del tiempo y el espacio, y estudios permanentes en los sitios piloto (SP) situados en distintas regiones del país. En ellos se analizan detalladamente los procesos asociados con la degradación de las tierras y se generan los datos a escala local (Iadiza, 2019).

A escala local, con base en la experiencia obtenida en los primeros sitios piloto abarcados por el proyecto LADA, la metodología destaca la importancia de los 17 SP como generadores de datos a nivel local. En dichos sitios, ubicados en diferentes ecosistemas del país, se identifican problemas, consecuencias y posibles respuestas frente a fenómenos de degradación de tierras, incluyendo aspectos biofísicos, sociales, económicos, institucionales y culturales. El esquema combina el uso de información de diversas fuentes: conocimiento tradicional, opinión de expertos, imágenes de sensores remotos, observaciones en el terreno, datos analíticos, información de productividad, uso del suelo y datos estadísticos, como los censos (Iadiza, 2019).

FIGURA 23.

Metodología general del Sistema Nacional de Monitoreo y Evaluación de la Degradación de Tierras y Desertificación de Argentina



Fuente: adaptado de Iadiza (2019).



Foto. Desertificación por procesos de erosión severa en cárcavas
Ubicación. Toro, Valle del Cauca, Colombia
Autor. Reinaldo Sánchez López

Por otra parte, Argentina ha promovido la formulación e implementación de los programas de acción de lucha contra la desertificación a nivel subnacional. La CNULD, en su texto original ratificado por la Ley 24.701, alienta a las partes a desarrollar sus programas de acción de lucha contra la desertificación en el ámbito subnacional, que en la configuración federal de Argentina corresponde al nivel provincial. La construcción de programas de acción provinciales (PAP), en consonancia con lo establecido en el PAN, busca promover la implementación de acciones territoriales para la lucha contra la desertificación y la degradación, así como la mitigación y adaptación a la sequía. Los PAP deben desarrollarse considerando la normativa vigente, con el fin de consolidar un eslabón más en la cadena de la lucha contra la desertificación, ya que, de lo contrario, la implementación aislada perdería eficacia (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2019).

Los PAP se presentan como una herramienta estratégica para fortalecer la incidencia de la temática en las provincias, considerando el sistema federal del país. Actualmente existen seis experiencias provinciales (La Rioja, Tucumán, Jujuy, Catamarca, San Juan y Salta), con distinto grado de formalización. Los PAP tienen como objetivo general “promover, diseñar, organizar, guiar e implementar acciones y proyectos encaminados a prevenir, reducir, recuperar, rehabilitar y mitigar los efectos asociados a los procesos de desertificación, sequía y degradación de tierras. Acciones direccionadas en el marco de un proceso de desarrollo sustentable para el territorio provincial, reconociendo a la comunidad y a cada uno de sus miembros como centro y sujeto del proceso de desarrollo”. El diseño de los PAP requiere un proceso amplio, participativo, flexible y con fuerte liderazgo, para lo cual se elaboró la *Guía para la elaboración de programas de acción provinciales de lucha contra la desertificación, la sequía y la degradación de tierras* (PAP) (ver Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2019).

Asimismo, se encuentra la estrategia de neutralidad de la degradación de tierras. La fijación de metas voluntarias de NDT para Argentina constituye principalmente un proceso político orientado a definir los objetivos ideales que el país desea alcanzar para contribuir a un mundo con degradación neutral de la tierra. Con la incorporación de la NDT en la estructura del PAN de Argentina se iniciaron los procesos para establecer metas voluntarias de NDT a distintas escalas, comenzando por la nacional. Este proceso se ha desarrollado siguiendo los lineamientos del Programa para el Establecimiento de Metas Voluntarias (PEMV), lanzado a nivel global.

En 2019, la entonces Dirección Nacional de Planificación y Ordenamiento Ambiental del Territorio (DNP/OAT) del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Argentina (a la fecha del presente informe, la competencia del PAN fue absorbida por la Dirección de Ecosistemas Terrestres y Acuáticos de la Subsecretaría de Ambiente) realizó la identificación de los aportes potenciales a la NDT, a partir del relevamiento de acciones destinadas a evitar, reducir o revertir la degradación de tierras en el país. Asimismo, se revisaron otras propuestas o medidas incluidas en el Plan de Acción Nacional de Adaptación y Mitigación, en coherencia con los compromisos nacionales e internacionales asumidos por Argentina ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. En particular, se destacó el *Plan de Acción Nacional de Bosques*, instrumento de política pública y herramienta de gestión operativa cuyo objetivo general es reducir las emisiones y aumentar la captura de GEI en el sector, mediante el fortalecimiento de la gestión sostenible de los bosques nativos. En septiembre de 2019, se convocó a más de 50 técnicos y gestores de diversas instituciones nacionales a un taller para revisar y validar los aportes iniciales identificados, a partir de los cuales se definieron las primeras metas aspiracionales a nivel país para iniciar el camino hacia la NDT.

4.5 Enfoques y metodologías - Colombia

Colombia ha enfrentado la problemática de la degradación de suelos y la desertificación mediante la formulación de políticas, normas, programas, planes, estudios y protocolos metodológicos.

Por medio de la Ley 461 del 4 de agosto de 1998, Colombia se adhiere a la CNULD, entrando a ser Parte el 8 de septiembre de 1999. En 2004 se elaboró el Plan de Acción Nacional de Lucha contra la Desertificación y la Sequía (PAN), cuyo objetivo es adelantar acciones contra la degradación de tierras, la desertificación y la mitigación de los efectos de la sequía, así como fomentar el manejo sostenible de los ecosistemas de las zonas

secas, mediante la aplicación de medidas prácticas que permitan prevenir, detener y revertir dichos procesos degradativos y contribuir al desarrollo sostenible de las zonas afectadas, a través de ocho objetivos específicos.

Entre 2012 y 2015, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia formuló la *Política para la gestión sostenible del suelo* (PGSS), cuyo propósito es promover el manejo sostenible de los suelos del país en un contexto integral donde confluyan la conservación de la biodiversidad, el agua y el aire, el ordenamiento del territorio y la gestión del riesgo. Este instrumento fue aprobado por el Consejo Nacional Ambiental el 13 de agosto de 2015. La política plantea seis líneas estratégicas:



- 1 Fortalecimiento institucional y armonización de normas y políticas.
- 2 Educación, capacitación y sensibilización.
- 3 Fortalecimiento de instrumentos de planificación ambiental y sectorial.
- 4 Monitoreo y seguimiento a la calidad de los suelos.
- 5 Investigación, innovación y transferencia de tecnología.
- 6 Preservación, restauración y uso sostenible del suelo.

La línea estratégica 4 se relaciona con el monitoreo y seguimiento a la calidad de los suelos, cuyo objetivo es desarrollar mecanismos y acciones que permitan implementar programas para evitar y mitigar los efectos de la degradación del suelo en Colombia. Esta estrategia propone formular y poner en marcha un programa de monitoreo y seguimiento que promueva acuerdos o espacios interinstitucionales y el fortalecimiento de la capacidad institucional. También impulsa la formulación de protocolos, metodologías e indicadores que consoliden y complementen los avances alcanzados hasta la fecha.



Foto. Sistemas productivos en zonas con desertificación
Ubicación. Toro, Valle del Cauca, Colombia
Autor. Reinaldo Sánchez López

En coherencia con esta línea estratégica, se formuló el *Programa de monitoreo y seguimiento de la degradación de los suelos del país* (PM&SDS), cuya implementación ha sido liderada por el Ideam desde 2012. El programa establece seis componentes estructurales para su ejecución (Sánchez López, 2012). El componente estratégico 4 del PM&SDS se relaciona con el conocimiento e investigación de los procesos de degradación de suelos y tierras en Colombia. Los productos definidos para este componente permiten elaborar mecanismos que faciliten el conocimiento del estado actual de degradación de suelos, la identificación de sus causas y el diagnóstico de sus consecuencias económicas, sociales y ecológicas, con el fin de definir acciones para su mitigación, recuperación y conservación. En este marco, el Ideam ha elaborado los protocolos de identificación y evaluación de la degrada-

ción de suelos por erosión, salinización y desertificación; la implementación de estos protocolos ha permitido generar los estudios nacionales de degradación de suelos por erosión y salinización.

A nivel institucional, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible es el responsable ante la CNULD de los temas relacionados con el estado y monitoreo de la degradación de suelos y tierras, así como de la elaboración del informe de país. Este Ministerio, junto con las instituciones del Sistema Nacional Ambiental (SINA), entre ellas Ideam, IAvH e Invemar, es responsable de la elaboración de los estudios de degradación de tierras. La entidad líder de este proceso, por su misionalidad, ha sido el Ideam, que ha comenzado a implementar el programa mediante la elaboración de los protocolos de los distin-

tos procesos de degradación y los estudios nacionales de erosión, salinización y desertificación. Asimismo, instituciones como el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia) han contribuido al conocimiento de la degradación de suelos mediante la generación de datos, el levantamiento de mapas de suelos del país y el desarrollo de proyectos de conservación y uso sostenible del suelo. A nivel subnacional o regional, las corporaciones autónomas regionales —autoridades ambientales en las distintas subregiones del país— son las encargadas de realizar estudios más detallados sobre los procesos de degradación de suelos y desertificación.

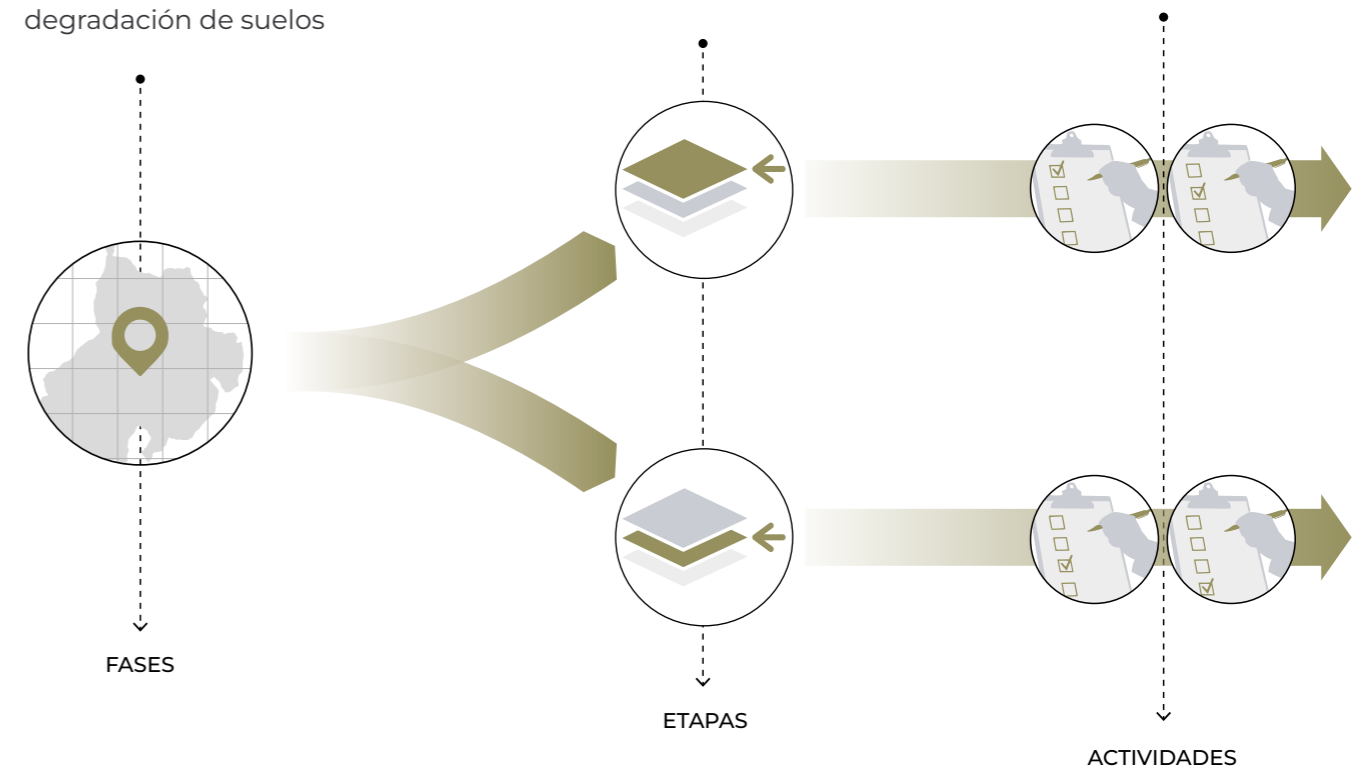
El principal enfoque metodológico se presenta en los *Protocolos para la identificación y evaluación de degradación de suelos*. Estos protocolos buscan determinar, a partir de la revisión de bases conceptuales y metodológicas, los métodos, procesos y técnicas necesarios para adelantar la zonificación y evaluación de la degradación de los suelos por cada proceso a escalas nacional, regional y local, con el fin de facilitar su monitoreo y seguimiento.

La comprensión del estado actual de la calidad del recurso suelo frente al proceso de degradación está vinculada a aspectos biofísicos, sociales, económicos y culturales, que deben analizarse de forma integrada. Esto implica que no se puede entender el proceso de degradación sin considerar el entorno en el que se produce (por ejemplo, cambios en el uso de la tierra, incremento de la población, prácticas tradicionales, actividades económicas, entre otros) y las consecuencias que genera sobre la sociedad y el ambiente, en particular sobre las actividades productivas humanas. Esta visión integral es esencial para la toma de decisiones sobre la recuperación, conservación, uso y manejo sostenible de los suelos y tierras.

El proceso metodológico desarrollado en los protocolos se aborda de acuerdo con una estructura compuesta por fases, etapas y actividades orientadas a la generación de productos en cada una de ellas.

FIGURA 24.

Estructura metodológica de los protocolos para la identificación y evaluación de la degradación de suelos



Fuente: adaptado de Ideam, U.D.C.A. y CAR (2017).

La metodología establece tres fases principales: identificación y zonificación, análisis de indicadores y evaluación del proceso de degradación. La zonificación implica la generación de modelos cartográficos para definir dos productos fundamentales: susceptibilidad y zonificación de línea base. La fase de análisis se enfoca en identificar las causas o presiones que generan la desertificación y sus impactos, mediante indicadores a nivel social, económico y ecológico. La fase de evaluación permite analizar los indicadores FPEIR en el contexto del territorio y su grado de desequilibrio.

La secuencia de estas fases, con sus desarrollos en las distintas etapas y actividades, han permitido elaborar los estudios nacionales, con enfoque integral, de los procesos de degradación de suelos de erosión, salinización y desertificación.

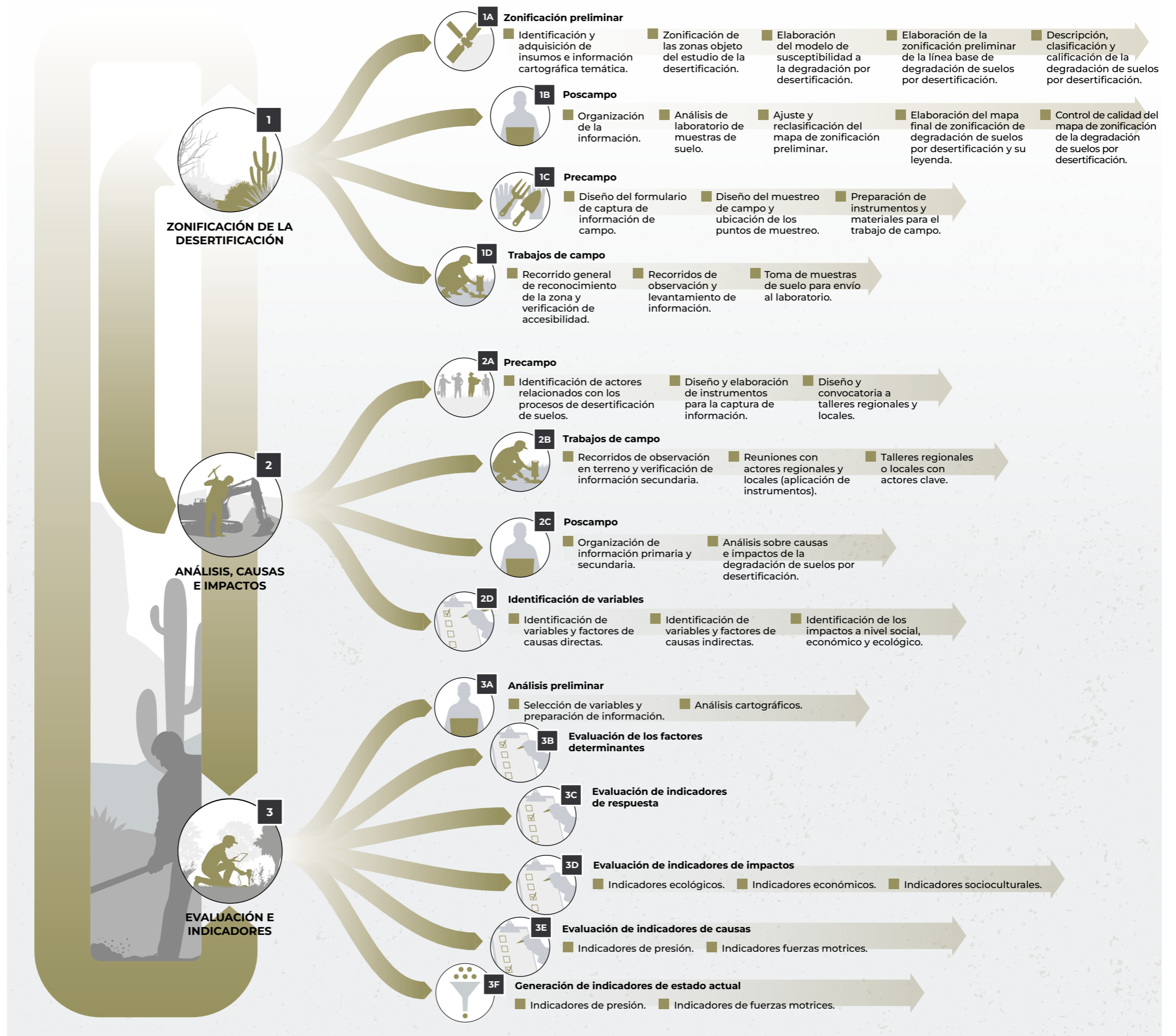


FIGURA 25.

Fases, etapas y actividades para implementar los estudios de degradación de suelos y desertificación en Colombia

Fuente: Ideam (2019).

5

Análisis de indicadores

5.1 Indicadores propuestos por la CNULD (OEI)

Página 75

5.2 Análisis de indicadores para Argentina

Página 78

5.3 Análisis de indicadores para Colombia

Página 80



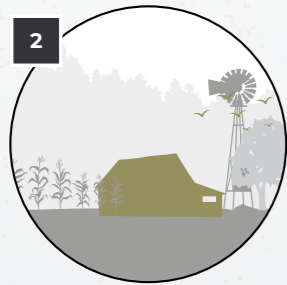
El marco estratégico de la Convención definió como meta “un futuro que evite, minimice e invierta la desertificación y la degradación de las tierras, y que mitigue los efectos de la sequía en las zonas afectadas, a todos los niveles, procurando lograr un mundo con efecto neutro en la degrada-

ción de las tierras, conforme a lo establecido en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible” (CNULD, 2017).

Conforme con esta meta, la Convención definió cinco objetivos estratégicos (OE) para el periodo 2018-2030:



1 Mejorar la condición de los ecosistemas afectados, combatir la desertificación y la degradación de las tierras, promover la gestión sostenible de las tierras y contribuir a la neutralidad de la degradación de las tierras.



2 Mejorar las condiciones de vida de las poblaciones afectadas.



3 Mitigar, adaptarse y gestionar los efectos de la sequía con el fin de fortalecer la resiliencia de las poblaciones y los ecosistemas vulnerables.



4 Generar beneficios ambientales globales mediante la implementación efectiva de la CNULD.



5 Movilizar recursos financieros y no financieros sustanciales y adicionales para apoyar la implementación de la Convención mediante la creación de alianzas eficaces a nivel mundial y nacional.

Los indicadores del objetivo estratégico OE1 del marco estratégico de la CNULD permiten informar sobre el avance hacia la neutralidad de la degradación de las tierras (NDT) en cada país. A continuación, se presenta un análisis de estos indicadores, con base en el ejercicio realizado por Argentina y Colombia en el último informe de país para la Convención.

5.1 Indicadores propuestos por la CNULD (OE1)

El objetivo estratégico 1 se refiere a “mejorar las condiciones de los ecosistemas afectados, luchar contra la desertificación y la degradación de las tierras, promover la ordenación sostenible de las tierras y contribuir a la neutralización de la degradación de las tierras”. Los indicadores empleados para la presentación de informes sobre los progresos realizados en la consecución de este objetivo, que contribuyen a la neutralidad de la degradación de las tierras, son los adoptados en la decisión 7/COP.13 como parte del marco estratégico de la CNULD para el periodo 2018-2030, y corresponden a:

- **Tendencias en la cubierta terrestre (indicador OE 1.1).**
- **Tendencias en la productividad o el funcionamiento de las tierras (indicador OE 1.2).**
- **Tendencias en las reservas de carbono en la superficie y en el suelo (indicador OE 1.3, representado por las reservas de carbono orgánico del suelo, SOC).**

Además, en el marco del objetivo estratégico 1, las partes también comunicarán información sobre el indicador 15.3.1 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS): la proporción de tierras degradadas en comparación con la superficie total (indicador OE 1.4).



OE 1.1 Tendencias en la cubierta terrestre

En este indicador se identifican los cambios en la cobertura terrestre como base para determinar la proporción de tierra degradada. Se deben indicar los principales procesos de degradación identificados en el país y seleccionar un conjunto de clases de cobertura terrestre como leyenda para clasificar la cobertura nacional. Para la presentación de informes se utilizan las seis clases de la leyenda del IPCC sobre el cambio de uso de la tierra.

Una vez generada la leyenda de coberturas, se construye una matriz en la que se identifican los cambios y procesos considerados como degradación, incluyendo las transiciones. La identificación de estas transiciones permite garantizar que el conjunto de clases de cobertura terrestre necesarias para monitorear la degradación a escala nacional sea adecuado.

Esta matriz se elabora calificando los cambios de la cobertura de la siguiente manera: los cambios favorables se marcan con un signo (+) y se representan en color verde; los no favorables se marcan con un signo (-) y se muestran en color rojo; los cambios estables o sin variación se califican con 0 y aparecen en color amarillo; finalmente, cuando el cambio no es probable, se representa en color gris. En la Figura 37 se presenta un ejemplo de una matriz de transición de la leyenda de cobertura del suelo.


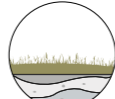








En los cambios de la cobertura terrestre, se presentan las estimaciones nacionales de la cubierta terrestre en (km²) y las estimaciones de los cambios en la cubierta terrestre (km²), para el periodo de referencia.

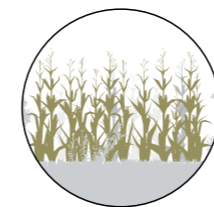


Foto. Degradación de suelos en zonas de la ladera por potrerización e inadecuado pastoreo
Ubicación. Apía, Risaralda, Colombia
Autor. Reinaldo Sánchez López

TABLA 4.

Ejemplo de la matriz de transición de la leyenda de la cobertura del suelo

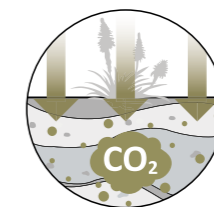
	 Bosques	 Pastos	 Cultivos	 Humedales	 Artificial
 Bosques	0	(-)	(-)	(-)	(-)
 Pastos	(+)	0	(-)	(-)	(-)
 Cultivos	(+)	(-)	0	(-)	(-)
 Humedales	(-)	(-)	(-)	0	(-)
 Artificial	Transición improbable	Transición improbable	Transición improbable	Transición improbable	0



OE 1.2 Tendencias en la productividad o el funcionamiento de la tierra

El subindicador de productividad de la tierra interpreta la degradación a partir de los datos del índice de vegetación, utilizando tres métricas: tendencia, estado y desempeño. Esta combinación de métricas es necesaria para identificar la degradación en áreas donde la condición disminuye con el tiempo (tendencia y estado) o en aquellas donde los niveles de productividad se mantienen estables o aumentan con el tiempo, pero son bajos en comparación con otras unidades de tierra dentro de la LCEU (desempeño).

La magnitud de la degradación de la productividad de la tierra se determina calculando la productividad primaria neta de la vegetación (como el NDVI o el EVI). Para la mayoría de los índices de vegetación, los valores positivos bajos o cada vez más negativos indican una degradación más grave.

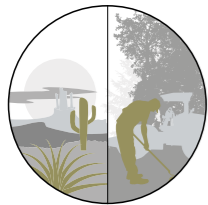


OE 1.3 Tendencias en las reservas de carbono en el suelo

La magnitud de la degradación del SOC es la suma de la reducción estimada de las reservas de carbono en todos los píxeles donde la reducción estimada supera el 10 %. Una reducción nominal del SOC del 10 % o más entre el periodo de referencia y el de notificación refleja la precisión con la que es posible evaluar razonablemente los cambios en las reservas de SOC a lo largo del tiempo mediante los conjuntos de datos y métodos predeterminados actualmente disponibles. No obstante, se recomienda que, en niveles más avanzados, estos umbrales se ajusten con base en la información específica de cada país.

5.2 Análisis de indicadores para Argentina

Los procesos de degradación de tierras son analizados periódicamente y presentados conforme con los compromisos asumidos por la República Argentina como país parte de la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación, Degradación de Tierras y Mitigación de los Efectos de la Sequía (CNULD). Mediante su decisión 7/COP.13, la Conferencia de las Partes (COP) adoptó el Marco Estratégico de la Convención 2018-2030, que contiene cinco objetivos estratégicos (OE) y un marco de implementación. Argentina ha calculado los subindicadores del objetivo estratégico OE.1.

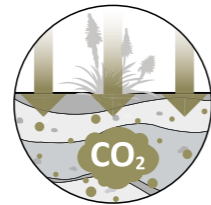


El subindicador de tendencia de la cubierta terrestre (OE 1.1) se calcula con base en la información disponible a escala nacional. Este subindicador está representado por ocho clases de cobertura de la tierra que, al momento, pueden discriminarse a partir de la información nacional disponible, considerando datos oficiales y su comparación temporal, asociadas a las siete clases de la CNULD previstas originalmente para el reporte. Se considera que las siete clases de cobertura de la tierra definidas por la CNULD no son suficientes para monitorear los principales procesos de degradación en el país.



El subindicador de tendencia en la productividad de la tierra se calculó siguiendo la metodología de Gaitán *et al.* (2015), implementada en Google Earth Engine. Se utilizó como indicador la tendencia monotónica de la

media anual del NDVI. El análisis de la serie temporal del índice NDVI se realizó para dos periodos considerando el año fenológico que comienza el 1 de julio y finaliza el 30 de junio del año calendario siguiente: periodo de referencia (2000-2016) y periodo de reporte (2000-2020). Se emplearon los productos de MODIS (MOD13Q1, anual), con una resolución espacial de 250 m y una resolución temporal de 16 días, procesados en Google Earth Engine. Se calculó una regresión lineal a nivel de píxel para identificar las áreas que experimentaron cambios en el NDVI durante el periodo analizado. La dinámica de la productividad de la tierra se representó en cinco clases de intensidad que permiten una respuesta jerárquica según los umbrales propuestos en la línea base de NDT.



Para el subindicador OE 1.3, **reservas de carbono orgánico en el suelo**, se elaboró el mapa actualizado de *stock* de carbono orgánico en el suelo (SOC) (t/ha) con una resolución de 250 m, elaborado y publicado por Gaitán *et al.* (CNULD, 2023) como nuevo mapa de referencia de SOC. El mapa se construyó a partir de 5.500 datos de muestras de suelos de SOC y densidad aparente a una profundidad de 0–30 cm, recolectados entre 2015 y 2022. Para su construcción se ajustó un modelo de regresión mediante el método Random Forest, incluyendo 40 capas predictoras que comprenden variables climáticas, tipo de suelo, biomasa verde, entre otras. Se utilizaron valores promedios históricos de las variables predictoras, obteniéndose un mapa con valores continuos de *stock* de carbono entre 15,07 y 196,94 t/ha a 30 cm, con un promedio de 51,3 t/ha. Si bien se reconocen los avances y mejoras del mapa de stock de carbono, se señala la falta de datos de *stock* de carbono para el año 2000 que permitan calcular tendencias en el contenido de SOC tanto para el periodo de referencia como para el de reporte. Dado el periodo de recolección de datos para construir el mapa actualizado de SOC, es posible utilizarlo como mapa de referencia para los años 2015 y 2020, considerando que los cambios en SOC son perceptibles en 20 años, salvo en casos de cambio de uso del suelo.

Por otra parte, otros indicadores son adoptados por el país para establecer la línea base a escala nacional y por el Observatorio Nacional de Degradación de Tierras y Desertificación (ONDTyD) para el análisis a escala de sitio piloto. La metodología de cálculo de los indicadores, detallada en las guías incluidas en recursos adicionales, permite su construcción a escala provincial.

El monitoreo en los sitios piloto se realiza mediante la recolección de datos de campo, la toma y sistematización de datos meteorológicos, hidrológicos, edáficos y geomorfológicos, y la recopilación de información sobre el uso actual e histórico de las tierras con la participación de la comunidad local. Se complementa con entrevistas a diversos actores para identificar los principales aspectos sociales y económicos, junto con información secundaria (censos, encuestas provinciales, etc.). Este proceso permite conocer y comprender en profundidad el cambio en el uso del suelo y los procesos de degradación específicos de cada sitio como resultado de factores climáticos y presión antrópica.

Se resalta el esfuerzo de numerosos actores técnicos, científicos y académicos del país para desarrollar, de forma consensuada, el Sistema Nacional de Monitoreo y Evaluación, en el marco del ONDTyD. Este sistema se basa en el Sistema de Evaluación Integrada del Instituto Argentino de Investigaciones de Zonas Áridas (Abraham *et al.*, 2006; Abraham, 2009), el proyecto LADA (FAO, 2011) y Reed *et al.* (2011). Es un enfoque integral y participativo que se aplica en dos escalas: local y nacional. Parte de un prediagnóstico realizado a nivel nacional por distintas instituciones y, a escala local, a partir del relevamiento de datos de campo en sitios piloto.

El relevamiento de datos se divide en aspectos biofísicos y socioeconómicos. Una vez sistematizados y analizados los datos, el método enfatiza la necesidad de avanzar en la identificación de soluciones a las problemáticas detectadas y validar las propuestas en nuevas instancias participativas, especialmente con las poblaciones afectadas.

El ONDTyD genera información a escala nacional (erosión, NDVI, índice de aridez, entre otros) y coordina, junto con instituciones locales, el monitoreo a escala local en 23 sitios piloto. Este observatorio agrupa a más de 200 expertos en temáticas relacionadas con el suelo, la vegetación, la biodiversidad, el agua y los factores sociales, económicos y culturales. Esta red de especialistas ha debatido y armonizado durante años metodologías y protocolos para evaluar la degradación y la desertificación en los distintos contextos del país. El ONDTyD cuenta con reconocimiento internacional y regional.

Los datos socioeconómicos y biofísicos se incorporan a una base de datos integrada para su análisis y para calcular los indicadores o índices acordados en el ONDTyD. Esta base de datos se encuentra disponible en el observatorio o puede ser desarrollada por cada equipo de trabajo. La eva-

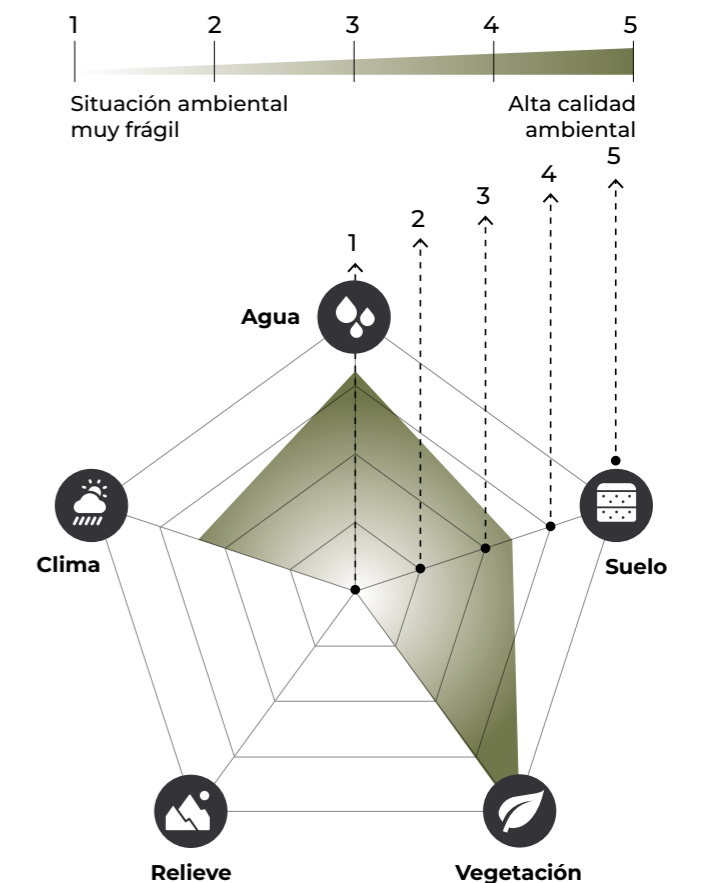
luación y análisis de los aspectos socioeconómicos se basa en el marco conceptual de los medios de vida sostenibles.

Para el análisis de los aspectos biofísicos de cada sitio piloto se propone construir un pentágono que resuma la calidad ambiental por SP, con un enfoque semicuantitativo, cuyos vértices corresponden a agua, vegetación, suelo, relieve y clima.

Cada eje del pentágono se construye mediante distintos indicadores o índices que valoran la calidad de vegetación, suelo, agua, relieve y clima en una escala de 1 a 5. En general, se obtiene el eje del pentágono promediando todos los indicadores o índices que lo componen. El valor 1 representa una situación ambiental muy frágil, con alta susceptibilidad a la degradación o un ambiente muy degradado, mientras que el valor 5 indica una alta calidad ambiental. La valoración de los indicadores o índices varía entre las regiones del país, especialmente entre tierras secas y húmedas. Este tipo de metodología se detalla en el trabajo del ONDTyD *Síntesis de resultados de la evaluación de la degradación de tierras: 2012–2017*, útil para comparar situaciones ambientales en diferentes sitios.

FIGURA 26.

Representación de la calidad ambiental del sitio piloto según cinco componentes biofísicos



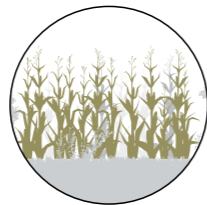
5.3 Análisis de indicadores para Colombia

La CNULD propone un conjunto mínimo de indicadores para monitorear el progreso hacia la NDT. El objetivo estratégico OE 1 busca mejorar la condición de los ecosistemas afectados, combatir la desertificación y la degradación de la tierra, promover la gestión sostenible del suelo y contribuir a la neutralidad de su degradación, mediante tres indicadores. A continuación, se describe la metodología aplicada por Colombia para el reporte PRAIS 4 en el cálculo de los tres subindicadores y la estimación del indicador de proporción de tierras degradadas.



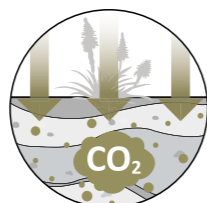
OE 1.1 Tendencias en la cubierta terrestre

Para la estimación del indicador de tendencias de cobertura terrestre en Colombia se utilizó información nacional generada a partir de los mapas de cobertura terrestre a escala 1:100.000 correspondientes a los años 2000, 2010 y 2018. En el marco del taller de expertos se agruparon las 56 categorías definidas según la metodología Corine Land Cover Colombia en 12 clases principales para este indicador. Los datos de las 12 categorías agrupadas fueron cargados de forma manual (SO1-1.T5). La matriz de transición se elaboró durante la jornada de trabajo del taller de expertos. Los cálculos de cambios de cobertura se realizaron con la plataforma App de NDT de Colombia, codesarrollada por el Ministerio de Ambiente, el Ideam, Conservación Internacional y Wocat, para apoyar la toma de decisiones hacia la neutralidad de la degradación de la tierra en el país.



OE 1.2 Tendencias en la productividad o el funcionamiento de la tierra

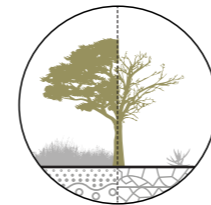
Para la estimación de la dinámica de la productividad de la tierra (DPT), se empleó como indicador la tendencia de la media anual del NDVI implementada en Google Earth Engine a través de la plataforma App de NDT de Colombia. Esta herramienta permitió comparar distintos algoritmos de DPT con el fin de determinar cuál se ajustaba mejor a las diferentes zonas. En el taller de expertos nacionales se analizaron seis modelos y se seleccionó el que mejor reflejaba la realidad del país.



OE 1.3 Tendencias en las reservas de carbono en la superficie y el suelo

Para el cálculo inicial de este subindicador, se evaluaron los datos y mapas predeterminados del contenido de carbono orgánico del suelo (COS). También se derivaron factores de conversión empíricos para cada categoría de cobertura a fin de aplicar la metodología de cambio de *stock* por cambio de cobertura. Sin embargo, ambos conjuntos de datos resultaron insatisfactorios, por lo que se buscaron alternativas metodológicas con datos e información nacional.

Colombia cuenta con un mapa nacional de *stock* de COS (IGAC, 2017) y, a partir de su reciente actualización, se elaboraron mapas de potencial de secuestro de carbono en suelos (Araujo, 2021). También se dispone de información de mapas de cobertura terrestre (Ideam, 2018, 2020), mapa de grado de erosión (Ideam, MADS y U.D.C.A, 2015) y mapa de grado de salinización (Ideam, 2019). Con base en esta información, se estimaron las reservas de carbono orgánico del suelo en el periodo de referencia (*stock* de COS) y, para el periodo informado, se realizaron análisis comparativos considerando los grados severo y muy severo de erosión y salinización, es decir, pérdida de material de suelo y, por tanto, de materia orgánica (carbono orgánico). Los cálculos de estos mapas se efectuaron en Google Earth Engine por el equipo de trabajo durante el taller de expertos y fueron avalados por ellos.



OE 1.4 Proporción de tierras degradadas en comparación con la superficie terrestre

Para el cálculo de este indicador, se aplicó la metodología propuesta por la Convención, que utiliza los indicadores OE 1.1, OE 1.2 y OE 1.3 (es decir, la cubierta terrestre, la dinámica de la productividad de la tierra y las reservas de carbono orgánico del suelo) para determinar la proporción de tierras degradadas. Se empleó el principio “uno fuera, todos fuera” para realizar el cálculo.

El nivel de confianza de la información y de los subindicadores se tuvo en cuenta en la estimación de este indicador. La estimación del indicador de cubierta terrestre se realizó con información generada en el país, con alto nivel de confianza. La estimación del indicador de dinámica de la productividad de la tierra se efectuó a partir de modelos con información global, considerada de bajo nivel de confianza. La estimación del indicador de reservas de COS se basó en información nacional (periodo de referencia), y las tendencias de cambio se establecieron con criterios relacionados con la degradación por procesos de erosión y salinización del suelo, junto con el potencial de secuestro de carbono, por lo que se consideró de nivel medio de confianza. En consecuencia, el nivel de confianza de los resultados finales de este indicador es medio.

Foto. Proceso de desertificación por cambio de coberturas y uso de la tierra (pasturas)
Ubicación. Toro, Valle del Cauca, Colombia
Autor. Reinaldo Sánchez López



6

Armonización y guía metodológica

- 6.1 Elementos para la armonización
metodológica
Página 84
- 6.2 Metodología armonizada
Página 86



6.1 Elementos para la armonización metodológica

De acuerdo con la revisión, descripción y análisis de las herramientas metodológicas y protocolos para el diagnóstico y la evaluación de la degradación de la tierra y la desertificación en Argentina, Colombia y España, se destacan los esfuerzos realizados por estos países en las acciones orientadas a combatir esta problemática. Dentro de las experiencias metodológicas, existen puntos en común y alternativas para elaborar el diagnóstico y el monitoreo de los procesos de degradación de suelos y tierras.

Entre los elementos comunes, se resalta el uso del modelo o marco conceptual y de referencia Fuerzas Impulsoras–Presiones–Estado–Impactos–Respuestas (FPEIR). Este marco metodológico ha permitido abordar el problema de forma ordenada y lógica, identificar el estado actual de la degradación y analizar sus causas y consecuencias o impactos, con énfasis en el componente ambiental. En consecuencia, este modelo definió la ruta metodológica, la necesidad de levantamiento de datos y la generación de indicadores relacionados con causas, estado e impactos. Estos indicadores han permitido diseñar, formular e implementar programas de monitoreo de la degradación de suelos y la desertificación en cada uno de los países.

Aunque la CNULD estableció las pautas para el seguimiento de la degradación de las tierras por medio del indicador OE 1 y sus tres subindicadores, lo cual es común a los países miembros, Argentina y Colombia los calcularon para el informe PRAIS 4 con datos propios, siguiendo criterios particulares en cada caso. En el subindicador OE 1.1, correspondiente a la tendencia en los cambios de la cubierta terrestre, Argentina cuenta con mapas nacionales de las épocas de evaluación y realiza el cálculo con

8 clases agrupadas, mientras que Colombia lo hace con 12 clases. En ambos casos, los países concluyen que este número limitado de clases es insuficiente para reflejar adecuadamente los distintos procesos de degradación. De igual manera, en el subindicador OE 1.3, relacionado con las reservas de carbono en suelos, ambos países elaboraron mapas de contenido de carbono orgánico a partir de muestras y análisis de laboratorio en todo el territorio; sin embargo, la clasificación utilizada responde a categorías propias de cada país.

En cuanto a las metodologías de diagnóstico, estas se centran en diferentes procesos de degradación y emplean diversos métodos de caracterización y evaluación. Argentina se ha enfocado en los procesos de erosión mediante la aplicación de la USLE (sigla en inglés de Universal Soil Loss Equation o Ecuación Universal de Pérdida de Suelo), los cambios en las coberturas vegetales, los análisis climáticos de precipitación, el índice de aridez y modelos de cobertura como el NDVI, que han permitido obtener un diagnóstico nacional de la degradación y diagnósticos provinciales. Colombia, por su parte, ha centrado sus esfuerzos en la formulación de los protocolos para los principales procesos de degradación y en su implementación, con la generación de zonificaciones (mapas) de erosión, salinización y desertificación. Para ello, utiliza técnicas de interpretación de sensores remotos en el caso de la erosión y evaluaciones de estudios generales de suelos y nuevos análisis químicos de laboratorio para la salinización. Estos métodos y técnicas empleados por ambos países son de gran valor científico y aplicables en el estudio y seguimiento de la degradación de suelos y tierras.

En este análisis resulta relevante destacar la utilización del tema de la erosión en los tres países, aunque con distintos enfoques. España considera las pérdidas de suelo por erosión hídrica, derivadas del Inventario Nacional de Erosión de Suelos (INES) (Miteco, 2022), como uno de los indicadores clave para definir los escenarios en riesgo de desertificación.

FIGURA 27.

Mapa de erosión laminar y en regueros. Distribución por niveles erosivos
Fuente: Miteco (2022).



De igual manera, Argentina utiliza modelos de aproximación a este proceso mediante la USLE (Ecuación Universal de Pérdida de Suelo) y la generación de mapas de erosión potencial y actual. En la misma línea, Colombia ha desarrollado la zonificación de la degradación del suelo por erosión actual con base en la interpretación de sensores remotos, generando unidades homogéneas según sus rasgos o manifestaciones en el terreno. Esta coincidencia en torno al tema de la erosión evidencia la importancia de este proceso en el diagnóstico de la degradación de tierras en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas (desertificación).

Por otra parte, el Observatorio Nacional de la Degradación de Tierras y Desertificación (ONDyD) en Argentina presenta una organización y estructura sólidas para llevar a cabo el monitoreo y seguimiento de los procesos de degradación en distintos niveles: nacional, provincial y local. El ONDyD está conformado por las comisiones directiva y asesora, los Sitios Piloto (SP), los grupos ad hoc y la red que provee datos y conocimientos, los cuales operan de forma articulada e integral, lo que representa un valor importante para enfrentar esta problemática.

Colombia cuenta con una organización institucional en torno al tema, liderada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, las entidades del Sistema Nacional Ambiental (SINA), entre las cuales se incluyen el Ideam y las corporaciones autónomas regionales (autoridades ambientales subnacionales), además de instituciones como Agrosavia, la UPRA y el IGAC. Estas entidades cumplen diferentes funciones dentro del sistema de monitoreo de la degradación de los suelos.

El país ha abordado el monitoreo de la degradación del suelo en el marco de la Política para la Gestión Sostenible del Suelo y, específicamente, del Programa Nacional de Monitoreo de la Degradación, liderado por el Ideam. A través de este programa se han desarrollado los estudios nacionales de degradación por erosión y salinización. El enfoque de monitoreo a nivel nacional se implementa mediante los protocolos y la generación de líneas base temporales (al menos cada 5 años) para cada proceso de degradación (erosión, salinización, pérdida de materia orgánica, compactación, sellamiento, entre otros).

Argentina, al igual que Colombia, ajusta temporalmente su monitoreo a los compromisos de reporte de país ante la CNULD, cuya periodicidad es de 2 años. Argentina realiza un levantamiento continuo de datos e información en los sitios piloto, lo que facilita la gestión de las acciones para la mitigación y reducción de la degradación, y mejora la posibilidad de alcanzar las metas de neutralidad.

En este contexto, el monitoreo de la degradación de la tierra puede abordarse de distintas maneras; sin embargo, la organización y coordinación institucional desempeñan un papel fundamental en la eficacia de las estrategias para enfrentar la degradación en cada país.

6.2 Metodología armonizada

Con base en los elementos analizados anteriormente, se presenta una propuesta metodológica para el estudio y monitoreo de la degradación de suelos y la desertificación, que sirva como instrumento técnico y oriente a otros países en el análisis de esta problemática. Se consideran cuatro elementos metodológicos fundamentales:

- Identificación y zonificación.

- Análisis y evaluación.

- Monitoreo y seguimiento.

- Lineamientos para la gestión y seguimiento de la degradación de los suelos y la desertificación.

A continuación, se presentan las etapas y actividades metodológicas propuestas más relevantes.

Identificación y zonificación

La degradación de los suelos y las tierras se origina por la pérdida de sus propiedades y características originales. En el terreno, estos procesos dejan huellas, por lo que resulta

fundamental contar con elementos técnicos que permitan identificar los rasgos y manifestaciones de los procesos de degradación del suelo, especialmente en las zonas secas. Como premisa general, los disturbios y transformaciones —en particular los de origen antrópico— en los ecosistemas naturales generan procesos de degradación.

La identificación y zonificación de la degradación de suelos se desarrolla con base en un enfoque de construcción y análisis de sinergias entre los distintos procesos de degradación presentes en las zonas afectadas, de acuerdo con los lineamientos de la COP 10. La zonificación debe contemplar tres productos espaciales fundamentales: la identificación de las zonas objeto de estudio de la desertificación (zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas), la generación del modelo de zonas de susceptibilidad a la desertificación y la elaboración de la cartografía del estado actual de los procesos de degradación, que constituye la línea base o punto de partida para el monitoreo y seguimiento.

Identificación de las zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas (áreas afectadas y objeto del proceso de desertificación)

La identificación y zonificación del proceso de desertificación debe partir de la delimitación de las zonas objeto del proceso o con posible afectación por este, es decir, las zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas. Posteriormente, sobre estas áreas se pueden identificar y calificar los procesos de degradación del suelo

Según la Convención, la desertificación se produce en zonas climáticas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, definidas mediante el índice de aridez (UNEP, 1992). Este índice se determina por la relación entre la precipitación y la evapotranspiración potencial, de la siguiente manera: árido (0,05–0,20), semiárido (0,20–0,50) y subhúmedo seco (0,50–0,65). Sin embargo, la misma Convención (COP 10/CST, 2011) recomienda que los países definan estas áreas a partir de la información y características particulares de su territorio. En el caso de las zonas tropicales, y especialmente de las ecuatoriales, este indicador no es suficiente para identificar las zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas; se deben considerar también características geomorfológicas, edáficas y biológicas, además de otros índices climáticos complementarios.

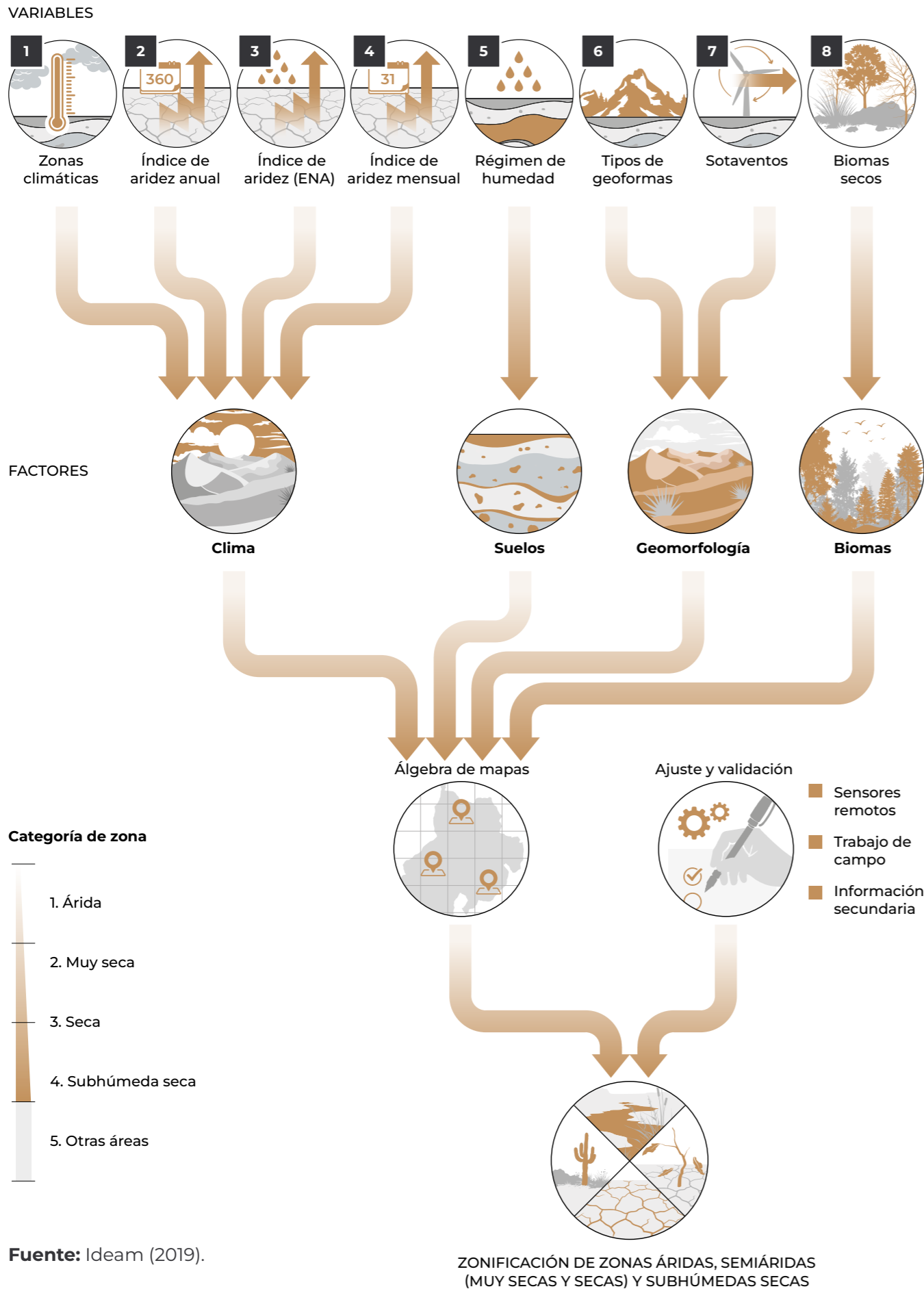
Para identificar las áreas potencialmente afectadas por la desertificación, se propone un modelo cartográfico basado en variables de clima, geomorfología, suelos y condiciones ecológicas, como se muestra en la Figura 28.



Foto. Proceso de desertificación por degradación por erosión muy severa en cárcavas y surcos
Ubicación. Tatacoa, Villavieja, Huila, Colombia
Autor. Javier Otero García

FIGURA 28.

Modelo y criterios para la identificación de zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas en Colombia



Fuente: Ideam (2019).

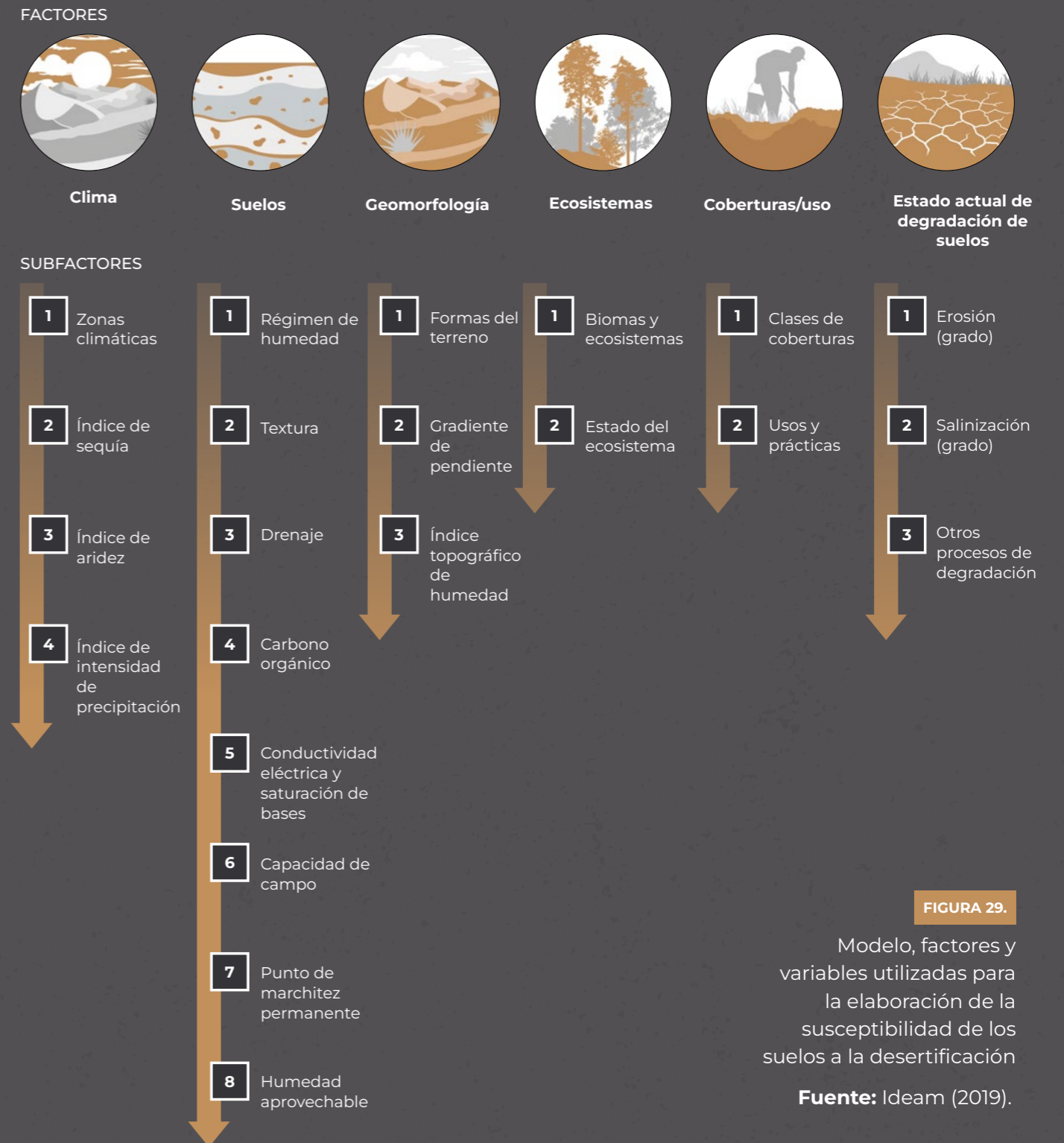
ARMONIZACIÓN Y GUÍA METODOLÓGICA

C1
C2
C3
C4
C5
C6
C7
C8

Modelo de susceptibilidad a la desertificación

La zonificación de la susceptibilidad a la desertificación se obtiene a partir de un modelo de análisis espacial de factores y variables que inciden de manera directa o indirecta en el proceso de degradación. El modelo considera una ponderación de las variables según un peso asignado a cada una de ellas. Los factores empleados son: clima, geomorfología, suelos, coberturas terrestres, ecosistemas y estado actual de los procesos de degradación (ver Figura 29).

Las variables propuestas en cada uno de los factores se definen según la disponibilidad y pertinencia de la información. Los pesos de ponderación se pueden establecer mediante consulta a expertos o análisis jerárquico. Se recomienda generar varios modelos con variaciones en los factores y los pesos de ponderación, de manera que se seleccione aquel que mejor refleje las condiciones de la zona.



GUÍA METODOLÓGICA ARMONIZADA PARA EL MONITOREO DE LA DEGRADACIÓN DE SUELOS Y DESERTIFICACIÓN



Foto. Degradación de suelos por erosión
Ubicación. Agua de Dios, Cundinamarca, Colombia
Autor. Javier Otero García

Zonificación de los procesos de degradación de suelos

Los procesos de degradación de suelos son diversos y presentan distintas manifestaciones. Estudiar cada uno resulta complejo, por lo que los análisis pueden centrarse en la convergencia de evidencias técnicas representables de forma espacial. A continuación, se presenta una propuesta para identificar y zonificar los principales procesos de degradación de suelos en zonas secas: física (erosión), química (salinización) y biológica (pérdida de materia orgánica).

Degradación de suelos física (erosión)

La degradación de suelos por erosión es un proceso que deja huellas en la superficie terrestre y se genera por la pérdida del material del suelo. Las manifestaciones en el terreno pueden clasificarse y zonificarse o inferirse de acuerdo con las coberturas vegetales y los usos del suelo en diferentes relieves. Para la zonificación de este proceso se pueden emplear imágenes

de sensores remotos de alta resolución. El proceso metodológico para elaborar la zonificación de la degradación de suelos por erosión comprende una serie de etapas y actividades: planeación, interpretación, preparación de campo, trabajo de campo y poscampo.

En la etapa de planeación se define la unidad de análisis espacial, la escala cartográfica de trabajo y la adquisición de la información temática y de sensores remotos requerida para elaborar la zonificación preliminar.

En la etapa de interpretación se identifican y adquieren la cartografía base y el mosaico de imágenes de sensores remotos (por ejemplo, imágenes satelitales) que cubren la zona de estudio. Es importante conservar la temporalidad para facilitar el monitoreo. En este proceso también se debe contar con información adicional, como mapas de coberturas terrestres, suelos, cartografía base, modelo digital de elevación, modelos de relieve, modelo de sombras del terreno y pendientes. La interpretación puede realizarse sobre las imágenes de sensores remotos mediante herramientas de SIG y el método de interpretación visual en pantalla, siguiendo patrones definidos según la relación

imagen-terreno, similitudes pictóricas e inferencias relacionadas con la información temática más reciente y disponible (cobertura terrestre, suelos, geomorfología).

La clasificación puede tener diferentes niveles de categorización: tipo, clase y grado de erosión. Las categorías de tipo corresponden al origen o factor principal que genera la erosión: sin erosión, hídrica, eólica o mixta (hídrica y eólica). Las categorías de clase describen las manifestaciones del proceso en el terreno: sin erosión, laminar, en surcos, terraceo, cárcavas, dunas, deflación, pavimento y mixtas. Las categorías de grado reflejan la intensidad del proceso: sin erosión, ligera, moderada, severa o muy severa. También pueden incluirse otras categorías, como zonas urbanas, cuerpos de agua y afloramientos rocosos.

Es importante validar la interpretación o zonificación preliminar mediante verificaciones en campo. En la etapa de preparación de campo se definen los puntos

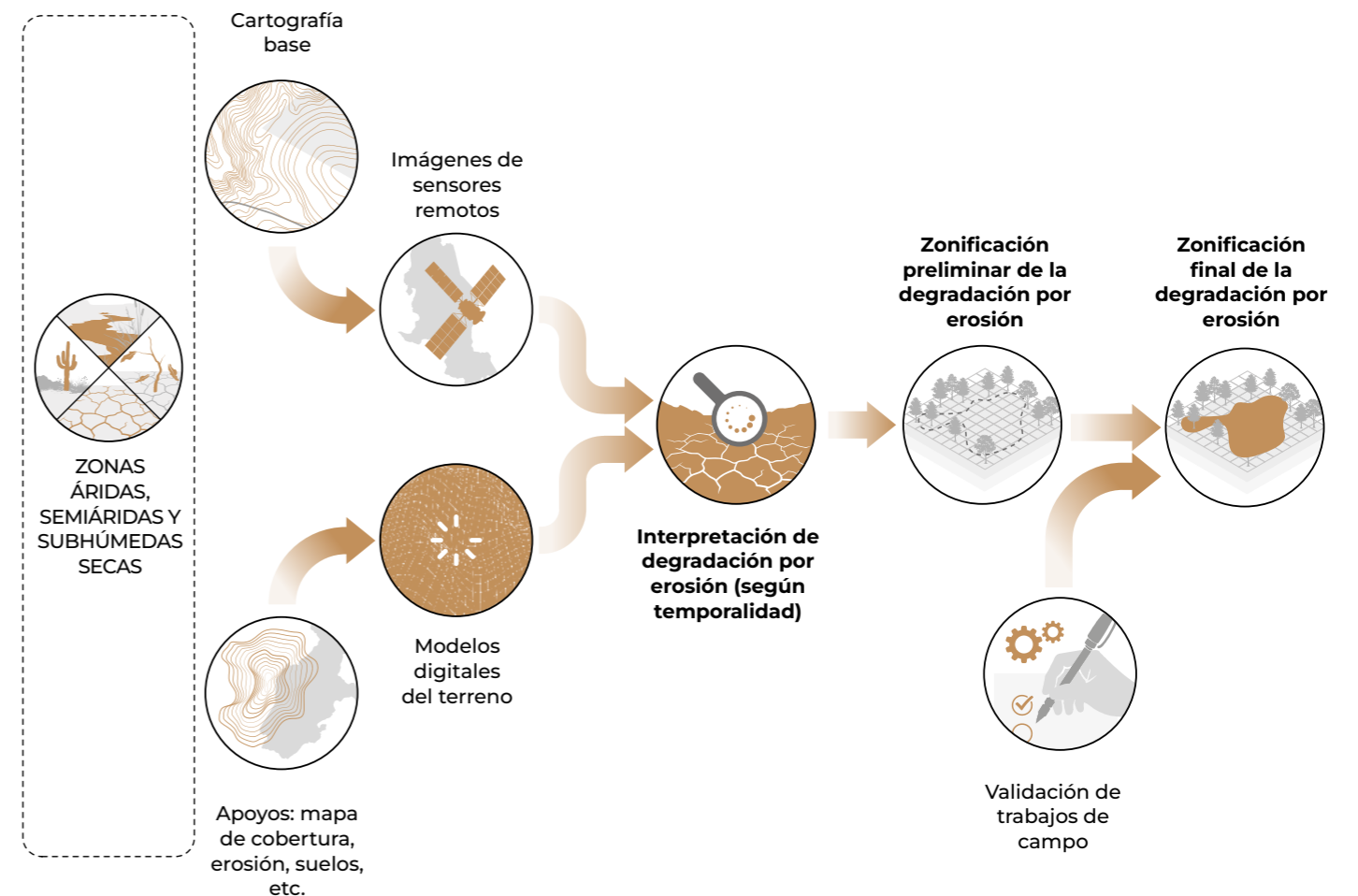
de validación, las rutas a seguir y los formularios para el levantamiento de información. Posteriormente, se realizan los trabajos de campo, que consisten en recorridos por distintas zonas con puntos o sitios de verificación, donde se levanta información que permita caracterizar y tipificar los procesos de erosión.

Asimismo, se debe efectuar un control de calidad temática mediante la revisión y confrontación con el mosaico de imágenes satelitales y con la información recopilada en campo, para garantizar la coherencia en la base de datos entre las categorías de cada entidad cartografiada. Desde el punto de vista cartográfico, se realiza una revisión y control de calidad de validación topológica de la versión final de la capa de erosión. Finalmente, en la etapa de poscampo se elabora la leyenda del mapa y se ajustan los elementos necesarios para obtener la zonificación final de la degradación de suelos por erosión, acorde con la escala cartográfica y la temporalidad definidas.

FIGURA 30.

Modelo conceptual y cartográfico para elaborar la zonificación de degradación de suelos por erosión

Fuente: Ideam (2025).



Degradación de suelos química (salinización)

La zonificación de la degradación de suelos por salinización puede elaborarse mediante las siguientes etapas y actividades: planeación y elaboración de la zonificación preliminar, preparación de campo, trabajo de campo para verificación y toma de muestras, y poscampo, que incluye el análisis de datos de laboratorio de suelos y la elaboración final del mapa de zonificación de línea base de la degradación de suelos por salinización.

En la etapa de planeación se debe realizar una revisión bibliográfica exhaustiva sobre estudios y muestreos de suelos, usos y prácticas de uso de la tierra, incluida la minería y las fuentes de irrigación. Además, se delimitan el área de estudio y la escala cartográfica para la zonificación del proceso de salinización. Para elaborar la zonificación se consideran diversas variables, insumos y procesos cartográficos que permitan generar una aproximación espacial (mapa) del proceso con sus distintas categorías.

Se pueden utilizar como base los estudios y mapas de suelos, uso de la tierra y otras actividades generadoras de salinidad. Las unidades espaciales pueden definirse de acuerdo con el estado actual de salinidad y calificarse según las categorías de tipo, clase y grado. La clasificación de la salinización se realiza según la dominancia de una sal, catión o anión en la solución del suelo. De acuerdo con las distintas fuentes de sales, los suelos pueden ser sódicos, calcáreos, magnésicos, yesíferos o sulfatados ácidos. Sin embargo, existen suelos salinos sin dominancia específica que se consideran, en forma general, salinos o alcalinos, según sus características de conductividad eléctrica y pH.

La clase debe calcularse con la información química contenida en las tablas de los estudios de suelos, estimando la saturación intercambiable de sodio y magnesio, el porcentaje de carbonato de calcio equivalente, el porcentaje de yeso y sulfatos, la conductividad eléctrica y el pH, entre otros parámetros.

FIGURA 31.

Categorías del tipo de degradación de suelos por salinización

Fuente: Ideam, U.D.C.A. y CAR (2017).

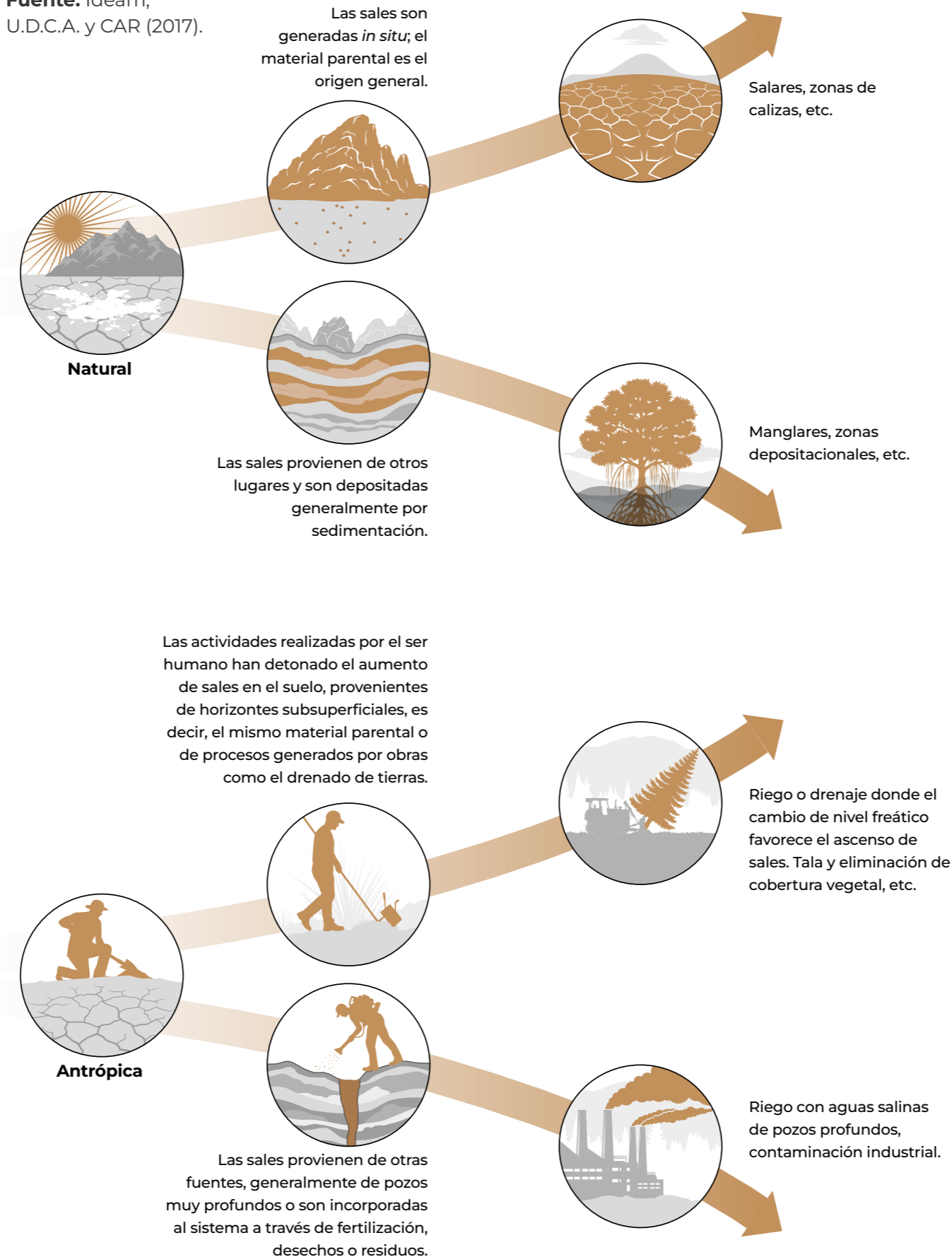


TABLA 5.

Categorías de clase de degradación de suelos por salinización

Variables	Criterio	Clase
CE (dS·m ⁻¹)	CE ≥ 2	Salino
PSI / RAS	RAS ≥ 13 PSI ≥ 15	Sódico
PMgl	PMgl ≥ 30	Magnésico
CaCO ₃ eq	CaCO ₃ eq ≥ 2 %	Calcáreo
CaSO ₄ ·2H ₂ O	(CaSO ₄ ·2H ₂ O) > 5 %	Gípsico
CE, pH y sulfatos (SO ₄ ²⁻)	pH < 6 (horizonte orgánico) y SO ₄ > 0,05 o S > 2 %	Sulfatado ácido
pH	pH ≥ 7,4 (solo si no se presenta ninguna de las condiciones anteriores)	Alcalino

Fuente: Ideam, U.D.C.A. y CAR (2017).

TABLA 6.

Categorías de grado de la degradación de suelos por salinización

Variables	Rangos	Calificación
PSI, RAS, CE, pH, SO ₄	RAS ≥ 13 CE ≥ 16 dS/m CE ≥ 4 y pH < 4 y [SO ₄] ≥ 0,05 % o PSI ≥ 15	Muy severo
CE, PSI, PMgl, CaCO ₃ eq y CaSO ₄ ·2H ₂ O	CE ≥ 8 dS/m < 16 dS/m PMgl ≥ 40, PSI 10-15 [CaCO ₃ eq] ≥ 10 % [CaSO ₄ ·2H ₂ O] ≥ 15 %	Severo
CE, PSI, PMgl, CaCO ₃ eq y CaSO ₄ ·2H ₂ O	CE ≥ 4 dS/m < 8 dS/m PMgl ≥ 30 < 40, PSI 7,5-10 [CaCO ₃ eq] < 10 % [CaSO ₄ ·2H ₂ O] < 15 %	Moderado
CE o pH	CE ≥ 2 dS/m < 4 dS/m pH ≥ 7,4	Ligero
CE	CE < 2	Muy ligero

Fuente: Ideam, U.D.C.A. y CAR (2017).

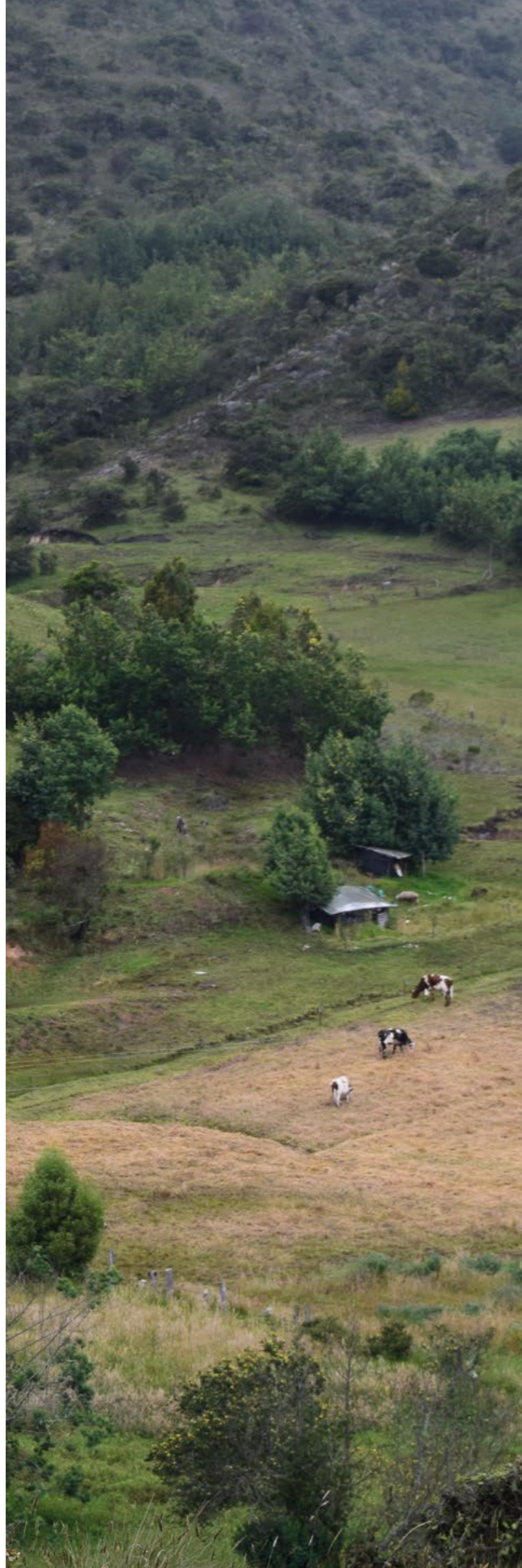


Foto. Degradación de suelos por pérdida de materia orgánica deforestación y uso inadecuado en laderas
Ubicación. Nemocón, Cundinamarca, Colombia
Autor. Nicole Franco León

La zonificación preliminar de las unidades de salinización debe validarse y caracterizarse mediante trabajos de campo en los que se verifiquen las delineaciones y se tomen muestras de suelos y aguas para su análisis en laboratorio. El trabajo de campo consiste en recorridos por el área de estudio, la selección estratégica de sitios de muestreo y la recolección de información en formularios destinados a la caracterización y tipificación del proceso de degradación de suelos por salinización. Con los resultados de la verificación, el ajuste de las unidades espaciales y los análisis de laboratorio de suelos y aguas, se elabora la zonificación final junto con su leyenda y la caracterización del proceso.

Degradación de suelos biológica (pérdida de materia orgánica)

La degradación de suelos por procesos biológicos tiene diversas fuentes, pero puede sintetizarse mediante la pérdida de materia orgánica. Elaborar la zonificación de este proceso normalmente requiere una gran cantidad de datos confiables obtenidos a partir de muestreos y análisis de laboratorio de suelos; no obstante, la pérdida de materia orgánica puede inferirse mediante un ejercicio de construcción cartográfica basado en distintas fuentes de información relacionadas con este proceso.

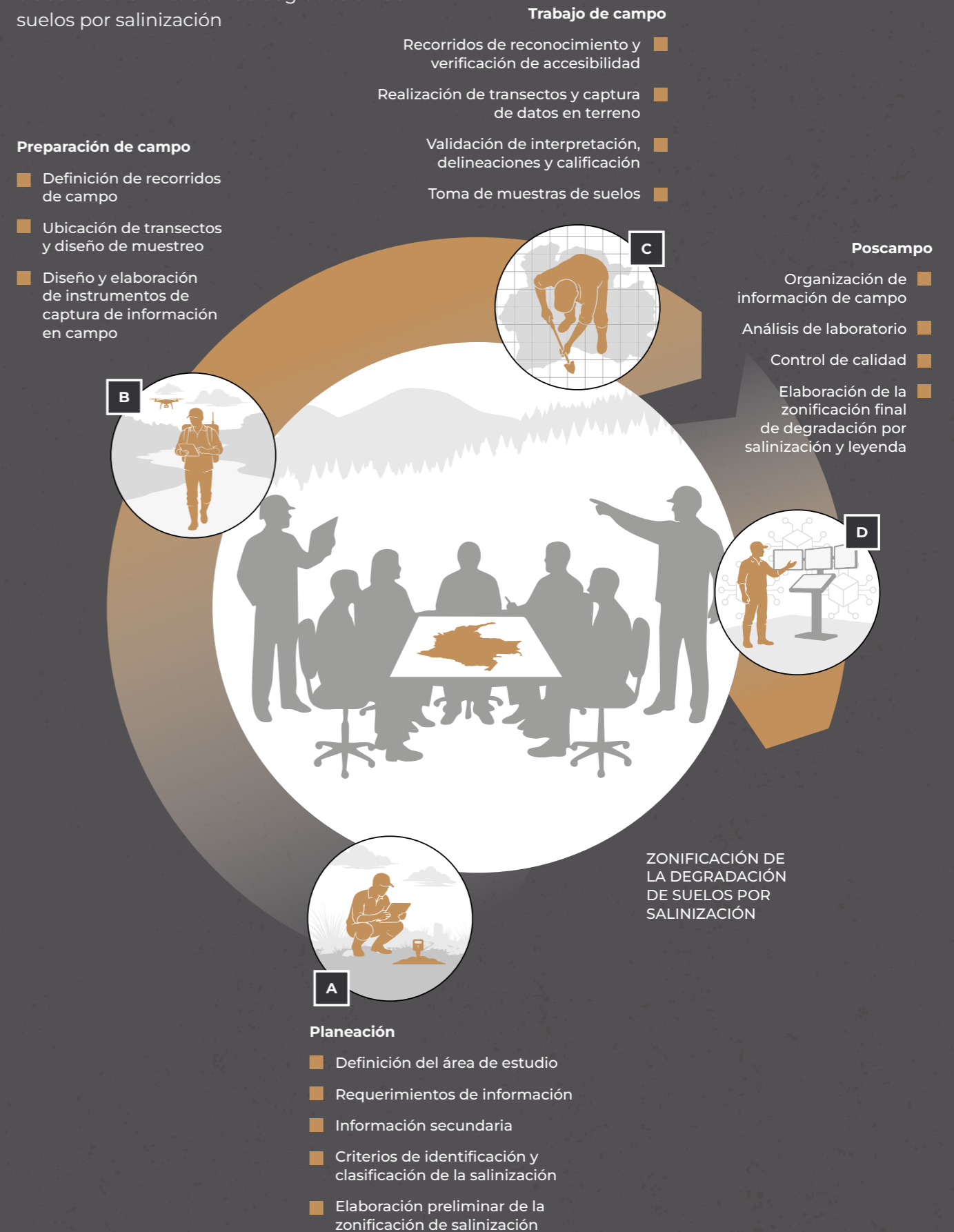
La ruta metodológica sugerida permite aproximarse a la pérdida de materia orgánica en los suelos de forma indirecta. El proceso parte de la información sobre el stock de carbono orgánico (generalmente elaborada para la Convención de Cambio Climático o el subíndice OE1-3), la cual debe confrontarse con diferentes insumos, como el estado actual de otros procesos de degradación (erosión o salinización), la deforestación o las actividades antrópicas de uso de la tierra.

Con esta información, puede construirse un modelo conceptual y cartográfico que permita inferir la pérdida de materia orgánica de forma cualitativa. Un insumo relevante es el modelo de aporte potencial de materia orgánica proveniente de la vegetación (del modelo de susceptibilidad) y la dinámica del carbono orgánico del suelo del ejercicio del Informe de País PRAIS a la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (CNULD), relacionados con otros insumos como el cambio de cobertura vegetal (2010-2020) y las zonificaciones de otros procesos de degradación, entre otros.

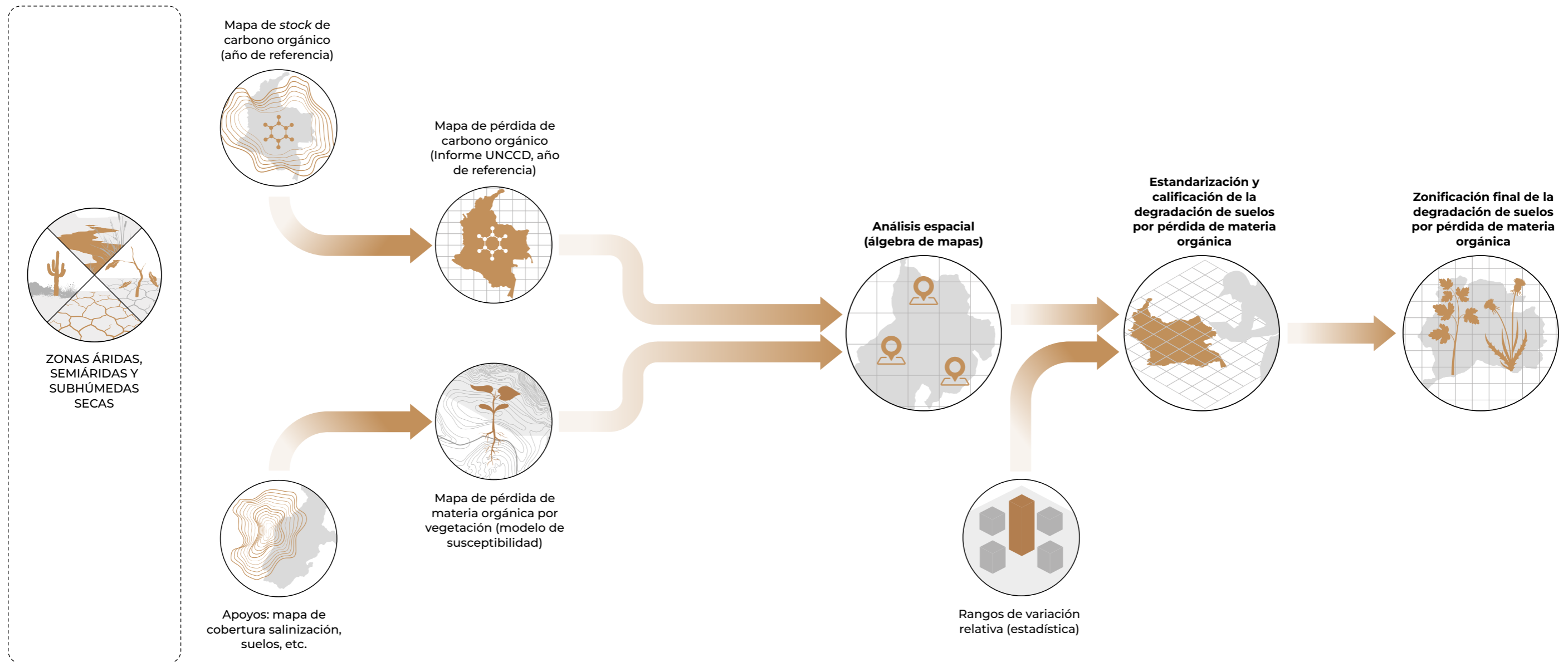
En la Figura 33 se presenta un modelo para construir la zonificación de la degradación de suelos por pérdida de materia orgánica.

FIGURA 32.

Etapas y actividades metodológicas para elaborar la zonificación de degradación de suelos por salinización



Fuente: Ideam (2019).



Zonificación de la degradación de suelos por desertificación

En algunos ámbitos científicos se discute si es posible o necesario generar una zonificación del proceso de desertificación; sin embargo, existen experiencias que consolidan formas de representar espacialmente la convergencia de los diversos procesos de degradación de tierras en las zonas secas.

La zonificación del estado actual de la desertificación puede representarse a partir de las manifestaciones de los procesos de degradación, ya sea por uno solo o por la combinación de dos o más procesos, considerando que pueden ser sinérgicos o acumulativos. En la práctica, lo más común es que los procesos no se presenten de forma aislada, sino que uno genere o

agrave a otro. En ese sentido, la acumulación y sinergia de los distintos procesos de degradación —físico (erosión), químico (salinización) y biológico (pérdida de materia orgánica)— podrían representar el estado de la desertificación.

La construcción de esta zonificación puede realizarse a partir del análisis de insumos como los mapas de los procesos actuales de degradación (erosión, salinización, compactación, entre otros), las coberturas vegetales, los sistemas de uso de la tierra y las prácticas de manejo correspondientes a cada sistema de uso.

La metodología consiste en realizar un análisis espacial a partir de los insumos de los distintos procesos de degradación (erosión, salinización, dinámica de la materia orgánica, compactación, deforestación, usos y prácticas

inadecuadas, entre otros). Estos insumos deben homogenizarse en su categorización para poder integrarse espacialmente. El proceso analítico de integración puede desarrollarse mediante métodos de árbol de decisión o ponderación, lo que permite identificar las sinergias entre ellos. En la medida de lo posible, se debe considerar al menos un proceso de degradación físico (por ejemplo, erosión), uno químico (por ejemplo, salinización) y uno biológico (por ejemplo, pérdida de materia orgánica).

La clasificación de la desertificación se propone por tipo, clase y grado. El tipo se refiere al origen de las causas de la degradación de suelos; la clase considera la dominancia en las manifestaciones de los procesos de degradación; y el grado define la intensidad y magnitud de los procesos de degradación en zonas secas, debidos a factores naturales y antrópicos.

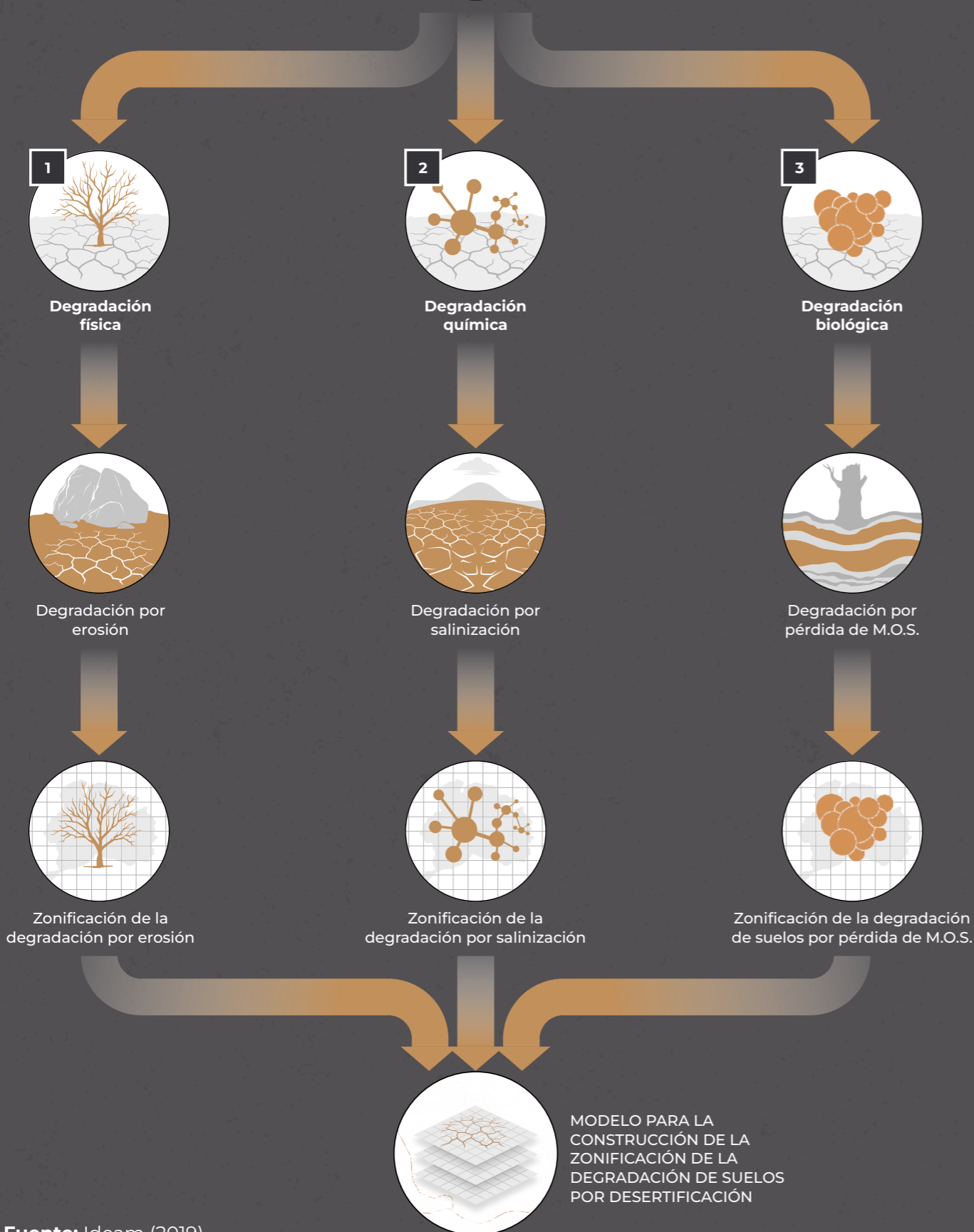
FIGURA 33.

Proceso metodológico para elaboración de la zonificación de degradación de suelos por pérdida de materia orgánica

Fuente: Ideam (2015).

FIGURA 34.

Insumos para la construcción de la zonificación de la degradación de suelos por desertificación



Fuente: Ideam (2019).

TABLA 7.

Descripción de las categorías de zonificación de la degradación de suelos por desertificación

1 TIPO

Origen de las causas de la degradación de suelos por desertificación.

	Natural: se refiere a las causas de origen natural que generan procesos de degradación de suelos en zonas secas. Algunas causas naturales se atribuyen a las condiciones biofísicas predominantes, como climas áridos, periodos de alta intensidad de lluvias, suelos frágiles o superficiales y relieves muy escarpados. También se relacionan con la variabilidad y el cambio del clima, los procesos morfodinámicos naturales y la formación o pedogénesis por salinidad o bajo desarrollo de los suelos.
	Antrópica: el origen de las causas de la degradación de suelos se atribuye a las actividades directas o indirectas desarrolladas por el ser humano en las zonas secas, que ocasionan cambios significativos en los servicios ecosistémicos de los suelos. Las actividades antrópicas más relevantes que inciden en este fenómeno se relacionan con el uso de la tierra y sus prácticas, en particular aquellas que generan pérdida de materiales del suelo (erosión), salinización o disminución de la retención de humedad o fertilidad. Otras actividades, como la minería en superficie y la explotación de hidrocarburos, también tienen un impacto directo en la cobertura vegetal y el suelo.
	Mixto: corresponde a zonas donde las causas de la degradación de suelos se deben tanto a origen natural como antrópico.
	Sin desertificación: incluye las áreas naturales o con poca intervención antrópica donde no se presentan procesos de degradación de suelos o estos no son evidentes en el terreno de las zonas secas.
	No aplica: áreas donde no aplica el concepto de degradación de suelos por desertificación.

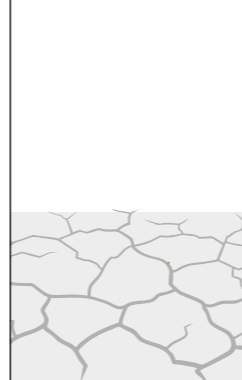
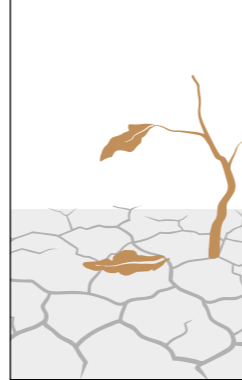
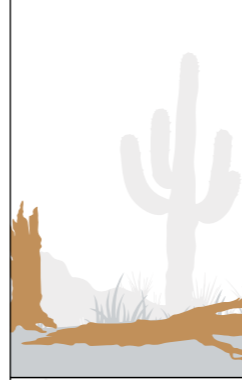

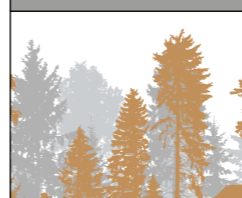
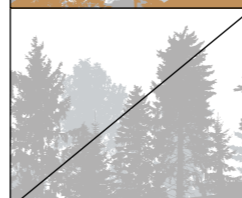
2 CLASE

Refiere a la dominancia de los principales procesos de degradación de suelos en zonas secas y sus manifestaciones en el terreno, que pueden ser de orden físico, químico o biológico.

	Física: el proceso físico dominante que más influye en esta clase es la degradación por erosión, evidenciada en el terreno por la pérdida de suelos en forma de cárcavas, surcos, terraceo o erosión laminar.
	Química: el proceso químico dominante es la degradación por salinización, cuyas manifestaciones en el terreno se observan en la concentración de sales en los suelos, la formación de calvas o zonas con bajo o irregular crecimiento vegetal y el deterioro de las propiedades hidrodinámicas. Generalmente, se refleja en la disminución de la productividad primaria neta (biomasa).
	Biológica: el proceso biológico dominante es la degradación por pérdida de materia orgánica en el suelo, evidenciada por la disminución de la actividad biológica de macro y microorganismos (microbiota), la menor presencia de raíces superficiales y cortas, y la pérdida de intensidad del color del suelo. La reducción de la cobertura vegetal y la biomasa influye en este proceso. Puede estimarse por la disminución sostenida del porcentaje de carbono orgánico en el horizonte superficial del suelo.
	Física-biológica: corresponde a zonas donde la degradación de los suelos se manifiesta por la acumulación o sinergia de procesos de erosión y pérdida de materia orgánica.
	Física-química: se observan manifestaciones de degradación del suelo principalmente por procesos de erosión y salinización.
	Química-biológica: corresponde a zonas donde la degradación de los suelos por desertificación se debe principalmente a procesos de salinización y pérdida de materia orgánica.
	Física-química-biológica: la degradación de los suelos por desertificación resulta de la acumulación y sinergia de los procesos de erosión, salinización y pérdida de materia orgánica.
	Sin desertificación: incluye las áreas naturales o con poca intervención antrópica donde no se presentan procesos de degradación de suelos o no se evidencian en el terreno.
	No aplica: áreas donde no aplica el concepto de degradación de suelos por desertificación.

3 GRADO

Intensidad y magnitud de los procesos de degradación de suelos por desertificación.

	Muy severo: áreas con alta intensidad y magnitud de los procesos de degradación de suelos físicos, químicos o biológicos, donde la pérdida de suelo es muy elevada y los servicios ambientales se han perdido casi por completo. Prácticamente no existe cobertura vegetal y los suelos están destruidos.
	Severo: áreas afectadas por procesos de degradación de suelos con intensidad y magnitud en estado avanzado. Se ha perdido la mayoría de los servicios ambientales del suelo. La cobertura vegetal es rala y tiende a recuperarse durante los periodos de lluvia. La parte superficial del suelo se ha perdido en buena parte del área.
	Moderado: áreas afectadas por procesos de degradación de suelos de tipo físico (erosión), químico (salinización) o biológico (pérdida de materia orgánica), donde la intensidad del proceso es moderada y la magnitud en la superficie es parcial. La pérdida del suelo es sectorizada y afloran los horizontes B o C; los niveles de salinidad comienzan a ser tóxicos y la materia orgánica disminuye.
	Ligero: áreas donde los procesos de degradación de suelos (físico, químico o biológico) son incipientes y de baja intensidad o magnitud.
	Sin desertificación: incluye las áreas naturales o con poca intervención antrópica donde no se presentan procesos de degradación de suelos o estos no se evidencian en el terreno.
	No aplica: áreas donde no aplica el concepto de degradación de suelos por desertificación.

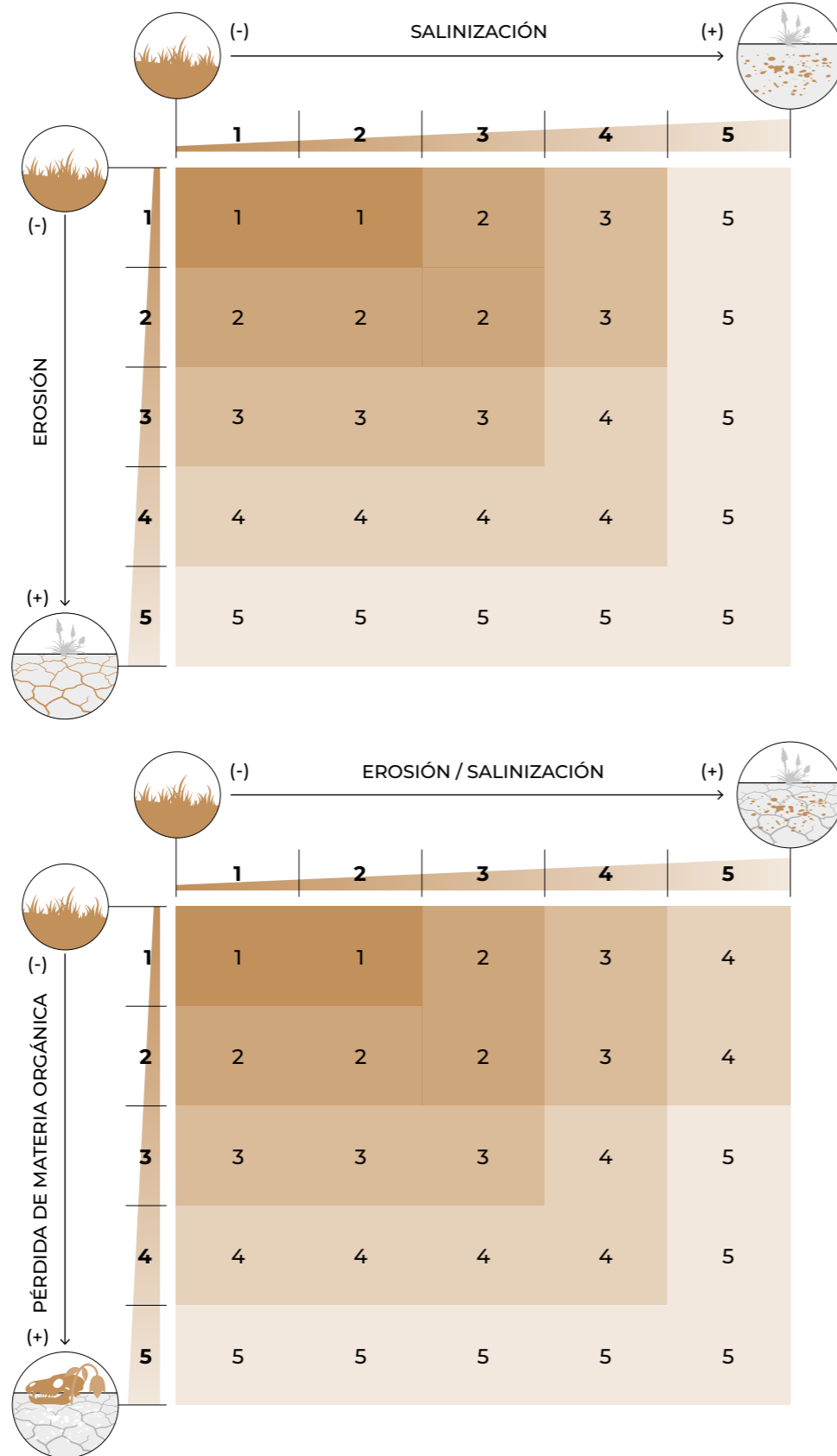
Fuente: Ideam (2015).

El análisis cartográfico se puede realizar con herramientas SIG de forma progresiva, manteniendo una lógica de unión de capas. El primer paso consiste en la combinación espacial de los diferentes procesos de degradación actuales mediante una calificación

basada en un árbol de decisión, el cual contribuye a identificar las sinergias entre ellos. En la siguiente figura, a manera de ejemplo, se presenta el árbol de decisión entre los procesos de degradación por erosión y salinización.

FIGURA 35.

Árbol de decisión para la calificación del grado de degradación de suelos por desertificación



Fuente: Ideam (2025).

Es importante validar el resultado del análisis cartográfico mediante trabajo de campo. Este tiene como objetivo verificar las delineaciones y calificaciones de las unidades de zonificación preliminar y recopilar información en campo que contribuya a caracterizar las unidades espaciales de degradación, por medio de la aplicación de métodos de muestreo y formularios de captura. Para ello, se debe diseñar un sistema de muestreo representativo que permita extrapolar la información a unidades homogéneas o similares. El método parte de la ubicación estratégica de transectos transversales a las unidades que presentan diferentes grados y tipos de desertificación. Sobre estos se ubican los puntos de observación y muestreo, en red flexible o libre, para verificar la calificación de las unidades del mapa y recolectar información para su caracterización.

El trabajo de campo comprende las siguientes actividades: recorridos de campo y levantamiento de información y datos; toma de muestras de suelos para su envío al laboratorio; captura de información *in situ*; y realización de reuniones y entrevistas con profesionales de institu-

ciones locales y regionales, así como con productores, gremios o conocedores de la zona.

Finalmente, en la etapa de poscampo, se desarrollan las siguientes actividades:

- Realizar el análisis en laboratorio de las muestras de suelos.
- Elaborar la lectura e interpretación de los resultados de laboratorio.
- Revisar y ajustar la calificación de las unidades espaciales de desertificación.
- Ajustar las delineaciones de las unidades del mapa preliminar.
- Elaborar el mapa final junto con su leyenda.

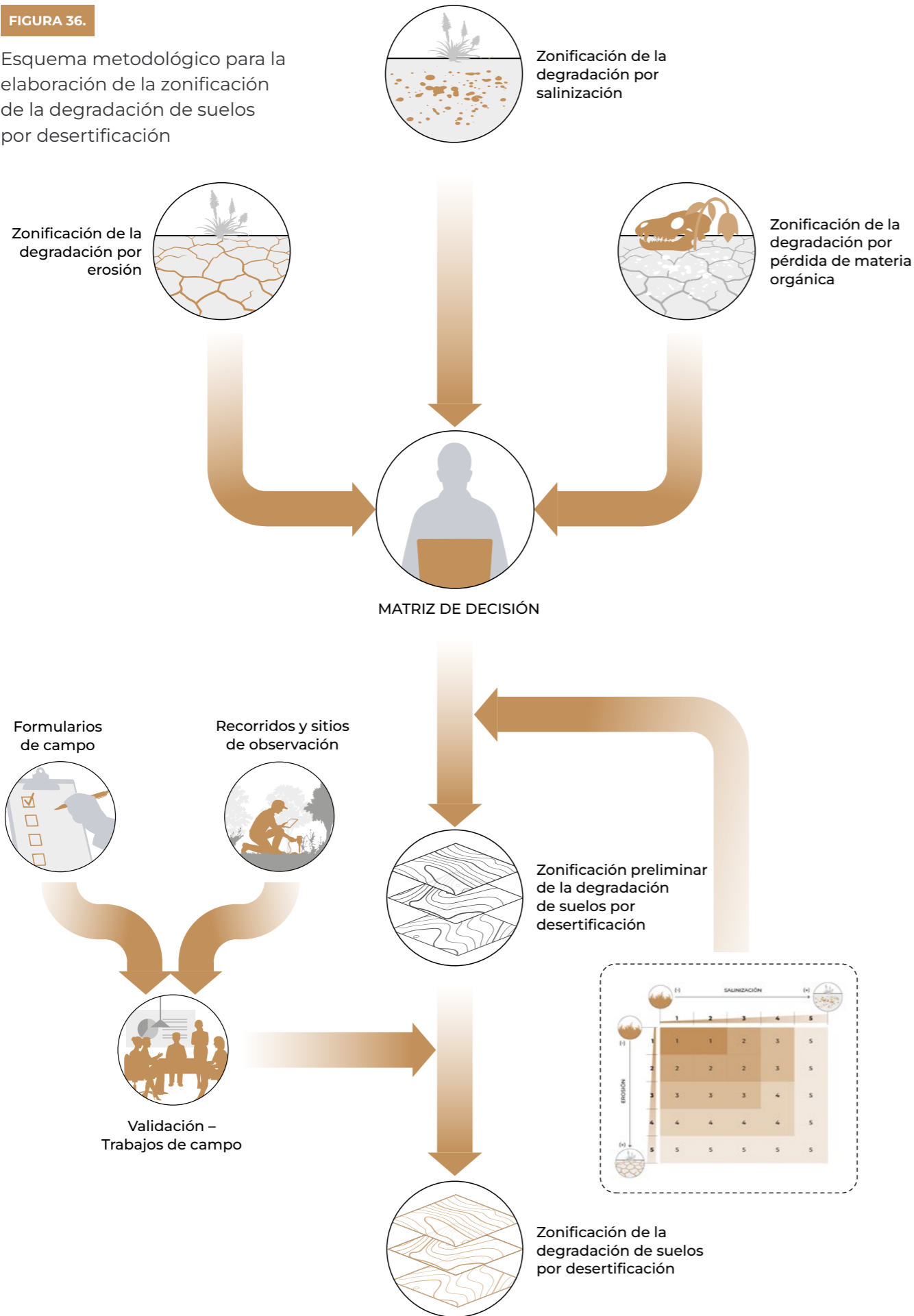
El proceso metodológico específico se presenta a continuación.

■ Foto. Proceso de desertificación por prácticas agronómicas inadecuadas en preparación de suelos
Ubicación. Lebrija, Santander, Colombia
Autor. Javier Otero García



FIGURA 36.

Esquema metodológico para la elaboración de la zonificación de la degradación de suelos por desertificación



Fuente: Ideam (2025).

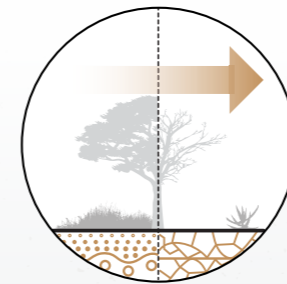
Análisis y evaluación de la desertificación

El diagnóstico de la degradación de las tierras implica identificar las causas que originan el problema, así como las consecuencias ambientales, económicas y sociales. El modelo FPEIR ha demostrado ser una herramienta útil para analizar las causas y consecuencias de la desertificación. Reconocer el estado de la degradación de suelos por desertificación es fundamental para visibilizar la problemática, pero orientar acciones eficaces de prevención, mitigación, restauración y adaptación requiere un marco analítico que conecte causas, manifestaciones y efectos. Por ello, el análisis y la evaluación articulan la convergencia de evidencias provenientes de múltiples fuentes y datos (indicadores biofísicos y socioeconómicos, teledetección, series temporales, cartografía temática, trabajo de campo y conocimiento local) para reducir la incertidumbre y corroborar patrones. Esta integración permite estimar simultáneamente la magnitud y severidad del estado actual, explicar causas directas e indirectas, valorar los impactos sociales, ambientales y sobre los ecosis-

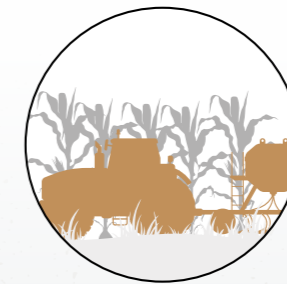
temas, e identificar respuestas y agentes que dinamizan la problemática. En conjunto, el modelo FPEIR materializa la convergencia de evidencias y proporciona una base sólida para identificar alertas tempranas, priorizar acciones en el territorio y apoyar la toma de decisiones con sustento técnico en la política pública.

Por otra parte, diversas experiencias han formulado indicadores que permiten relacionar las causas y consecuencias de la degradación de suelos. Se destaca el caso del estudio de la salinización en Colombia, en el cual se desarrolló un ejercicio de identificación y selección de indicadores para el análisis y evaluación de la degradación a partir de causas (presiones y fuerzas motrices) y consecuencias (impactos) del proceso. Los indicadores se calcularon mediante análisis espaciales basados en información temática oficial disponible, que permite obtener resultados geográficos.

Las causas y consecuencias de la salinización son múltiples y complejas. Como propuesta para el monitoreo y seguimiento de este proceso, se plantean algunos indicadores con información nacional y oficial disponible:



Estado: indicadores de magnitud y severidad. La magnitud se entiende como la proporción del área con algún grado de degradación, y la severidad como la proporción del área con grados severo y muy severo de degradación. Estos indicadores pueden calcularse para distintas unidades de análisis: departamentos, autoridades ambientales o áreas hidrográficas (caso de Colombia).



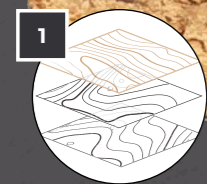
Presiones: los principales indicadores utilizados para definir las causas de la degradación son las presiones derivadas del uso del suelo, los conflictos de uso, la extracción de hidrocarburos y la minería, los distritos de adecuación de tierras y la calidad de las aguas superficiales, entre otras.



Impactos: los indicadores que relacionan las consecuencias de la degradación incluyen los impactos sobre los ecosistemas, la frontera agrícola, la aptitud de uso de los suelos y la infraestructura.

Desde el punto de vista metodológico, es importante identificar factores o variables relacionadas con las fuerzas motrices, las presiones y los impactos de este proceso en las zonas secas. Algunas de estas variables se presentan en las siguientes figuras.

Causas directas de la degradación de suelos por desertificación, variables y criterios



1 PLANEACIÓN DEL USO DEL SUELO

■ **Falta de planificación rural:** la deficiencia en la planificación rural es una de las causas directas que inducen la degradación de las tierras en zonas secas.

■ **Cultivos o ganadería en zonas no aptas:** los usos de la tierra mal ubicados o en zonas no aptas son una de las principales causas que desencadenan procesos de degradación como erosión o salinización. Hay falta de información sobre la aptitud específica de productos agropecuarios; sin embargo, la UPRA está realizando esfuerzos para mejorar esta información.



2 MANEJO DE CULTIVOS

■ **Falta de medidas de conservación:** la mayoría de los cultivos no realizan prácticas de conservación de suelos.

■ **Riego inapropiado:** los sistemas de riego en el país son ineficientes, con excesos en su aplicación, riegos continuos y uso de aguas salinas.

■ **Aplicación inadecuada de fertilizantes:** las dosis y fuentes de fertilizantes, por lo general, no obedecen a los requerimientos de los cultivos ni a los análisis de suelos (que se realizan con poca frecuencia).

■ **Aplicación excesiva de agroquímicos (pesticidas) residuales:** las plagas y enfermedades son cada vez más frecuentes y agresivas, lo que incrementa las dosis y aplicaciones de pesticidas, generando mayor residualidad y contaminación en el suelo.

■ **Exceso de utilización de maquinaria agrícola:** el uso excesivo de maquinaria agrícola genera compactación y pérdida de estructura en el suelo, lo que disminuye la retención de humedad.

■ **Labranza exagerada o continua:** la preparación del terreno, por lo general, es muy intensa, destruye la estructura del suelo y acelera la erosión.

■ **Deforestación o tala rasa:** el cambio de cobertura natural es el principal factor de degradación de las tierras.



3 DEFORESTACIÓN Y REMOCIÓN DE VEGETACIÓN NATURAL

■ **Reforestación comercial a gran escala:** las plantaciones forestales a gran escala disminuyen la biodiversidad y los procesos biológicos en los suelos.

■ **Incendios forestales:** los incendios y quemas de pastos o cultivos eliminan la vida microbiana del suelo, reduciendo la descomposición de la materia orgánica.

■ **Infraestructura forestal:** la extracción de madera requiere maquinaria pesada que induce a la compactación del suelo.



4 PRÁCTICAS PECUARIAS

■ **Sobrepastoreo:** el pastoreo excesivo del ganado degrada los suelos y genera erosión.

■ **Número excesivo de cabezas de ganado:** una mayor carga de ganado en los terrenos produce compactación, erosión y movimientos en masa, especialmente en zonas de ladera.

■ **Pisoteo o tránsito excesivo del ganado:** el tránsito continuo del ganado produce compactación y disminuye la retención y el movimiento de agua en el suelo.



5 ACTIVIDADES INDUSTRIALES O MINERAS

■ **Deposición de residuos:** los depósitos de escombros y residuos, así como los vertimientos industriales o el reuso de aguas para riego, generan contaminación y salinización en los suelos. También reducen la retención de humedad y la porosidad.

■ **Vertimientos sobre suelos de aguas industriales o de minería:** los depósitos de escombros y residuos, así como los vertimientos industriales o el reuso de aguas para riego, generan contaminación y salinización en los suelos. También reducen la retención de humedad y la porosidad.

■ **Contaminación por vertimientos o riegos:** los depósitos de escombros y residuos, así como los vertimientos industriales o el reuso de aguas para riego, generan contaminación y salinización en los suelos. También reducen la retención de humedad y la porosidad.



6 DESARROLLO URBANO E INFRAESTRUCTURA

■ **Construcciones urbanas en suelos con vocación agropecuaria:** el sellamiento del suelo impide la infiltración y aumenta la escorrentía, suprimiendo los servicios ecosistémicos.

■ **El sellamiento del suelo impide la infiltración y aumenta la escorrentía, suprimiendo los servicios ecosistémicos.**

■ **Construcción de vías y caminos:** las vías en zonas de ladera desestabilizan los taludes y provocan erosión y movimientos en masa.



7 ALTERACIÓN DEL CICLO HIDROLÓGICO

■ **Prácticas de adecuación de tierras (riego o drenaje):** los sistemas de riego y drenaje utilizados en obras de adecuación de tierras alteran el ciclo hidrológico y las propiedades físicas y químicas de los suelos.

■ **Cambios en la infiltración y conductividad hidráulica:** la disminución o aumento de la infiltración o de la conductividad hidráulica alteran el ciclo hidrológico en los suelos.



8 CAUSAS NATURALES

■ **Relieves extremos (pendientes muy fuertes):** las zonas con pendientes muy fuertes y largas laderas aumentan la escorrentía y la erosión, y disminuyen la retención de humedad en zonas secas.

■ **Intensidad muy alta de lluvias o tormentas:** las lluvias de alta intensidad incrementan la escorrentía y la erosión.

■ **Zonas de inundación:** en los sectores de inundación o de encharcamiento es común la acumulación de sales.

■ **Sequías extremas y variabilidad climática:** las temporadas de sequías debidas a la variabilidad y al cambio climático reducen notablemente la producción de biomasa y desprotegen los suelos.

■ **Movimientos en masa naturales:** los movimientos en masa desprotegen los suelos y promueven la erosión.

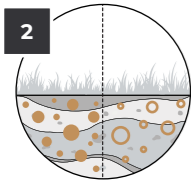
FIGURA 38.

Impactos de la degradación de suelos por desertificación

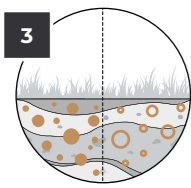
ECOLÓGICO



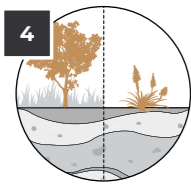
1 Pérdida de productividad primaria neta (biomasa): el crecimiento vegetal se ve afectado notablemente y, por tanto, la producción de biomasa, lo que influye en la captura de carbono y en la generación de materia orgánica para el suelo.



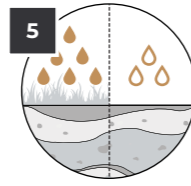
2 Pérdida de materia orgánica (carbono orgánico del suelo): la desprotección del suelo y la falta de materia prima vegetal o animal afectan los contenidos de materia orgánica.



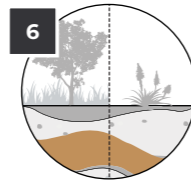
3 Pérdida de fertilidad o nutrientes: la erosión hace que los materiales nutritivos del suelo se pierdan. Esto conduce a una mayor utilización de fertilizantes.



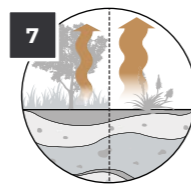
4 Transformación de la cobertura vegetal y del suelo: la desertificación impacta el crecimiento vegetal, disminuyendo su cobertura y los aportes de mantillo sobre el suelo.



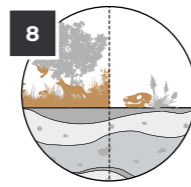
5 Cambios en la dinámica hídrica del suelo (infiltración, conductividad hidráulica): los problemas de compactación, erosión y salinización afectan las propiedades hidrodinámicas del suelo, disminuyen la infiltración y aumentan la escorrentía; en otros casos, incrementan la conductividad hidráulica generando encharcamientos.



6 Cambios en los contenidos de humedad del suelo (capacidad de campo, punto de marchitez): la salinización y compactación tienen consecuencias fuertes sobre la retención de humedad en los suelos; generalmente, la humedad útil o aprovechable se reduce.



7 Aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero: la falta de cobertura vegetal aumenta la radiación directa y la temperatura en los suelos, produciendo mayor metabolismo y emisión de gases al aire.

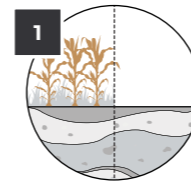


8 Pérdida de biodiversidad y edafobiodiversidad: la falta de cobertura vegetal incide sobre los hábitats y las fuentes de alimentación de la fauna, disminuyendo las poblaciones y cadenas tróficas. La fauna del suelo se ve afectada debido a la falta de material para la descomposición.

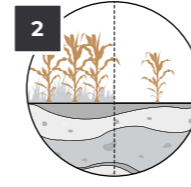


9 Afectación de áreas protegidas y prioritarias para la conservación: los procesos de degradación de tierras afectan las áreas protegidas o de zonas secas, transformando la vegetación natural y los hábitats de la fauna.

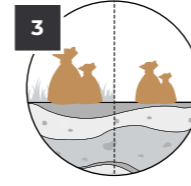
ECONÓMICO



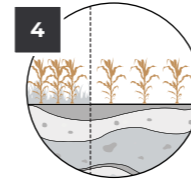
1 Cambios en el uso de la tierra: la desertificación genera cambios en el uso del suelo. Muchos cultivos dejan de ser productivos y se incrementan las zonas de pastos de bajo rendimiento.



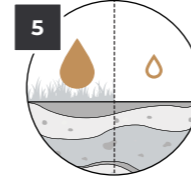
2 Disminución de la productividad (rendimientos): la erosión, salinización, compactación y otros procesos de degradación reducen notablemente los rendimientos de los cultivos en zonas secas, hasta hacerlos poco rentables.



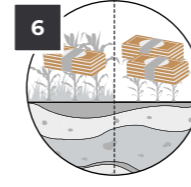
3 Disminución de la capacidad de carga: la ganadería se ve afectada por el escaso crecimiento de las pasturas y mayores sequías. La carga por hectárea es cada vez menor y los rendimientos en leche o carne disminuyen.



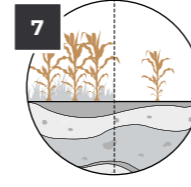
4 Disponibilidad de tierras: la desertificación causa que se requiera mayor superficie para obtener la misma producción. Las zonas más severas son abandonadas y la disponibilidad de tierras se ve afectada.



5 Cambios en la cantidad y calidad de aguas para riego: las zonas secas requieren riego suplementario para mejorar las actividades productivas. Poco a poco, este recurso se hace más escaso y las necesidades hídricas aumentan.

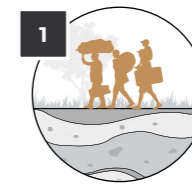


6 Disminución de los ingresos / costos de producción: las zonas degradadas presentan menores ingresos agrícolas por la reducción de la producción y de la calidad de los cultivos. Los costos de producción se incrementan y los ingresos bajan.

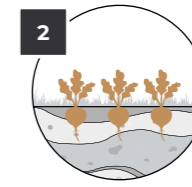


7 Disminución de la oferta de vocación agrícola y ganadera: las áreas destinadas a la producción agrícola y ganadera se reducen, afectadas por los procesos de salinización, erosión y compactación.

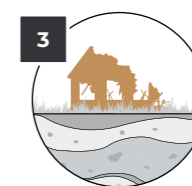
SOCIOCULTURAL



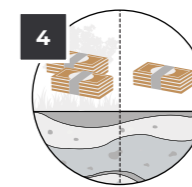
1 Conflictos territoriales: la desertificación agrava los conflictos de uso y la sobreutilización de los suelos, haciéndose más evidente. También se relaciona con los conflictos armados y los desplazamientos de población.



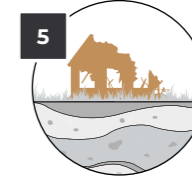
2 Seguridad y autonomía alimentaria: la baja producción y la falta de diversidad de alimentos influyen sobre la autonomía alimentaria. Los bajos ingresos y la falta de oportunidades ponen en riesgo la seguridad alimentaria de las zonas secas.



3 Mayor índice de pobreza: la desertificación está asociada a un incremento de la pobreza en zonas rurales.



4 Cambios en el valor de la tierra: las tierras con procesos de degradación de suelos disminuyen su valor económico y dificultan su compraventa.



5 Cambios en los NBI: las necesidades básicas insatisfechas aumentan en las zonas con desertificación.



Fuente: Ideam (2025).





Foto. Degradación del suelo por salinización: costras y dispersión de materia orgánica
Ubicación. Manatí, Atlántico, Colombia
Autor. Fredy Neira

La identificación de variables permite buscar información sobre cada una de ellas en la zona de estudio. La información, en general, suele ser escasa, incompleta, puntual para sitios específicos o generada con otros fines. En ese sentido, se busca relacionar las causas con el estado actual de la desertificación y este estado con las consecuencias, en lo posible en términos espaciales. Por tanto, la disponibilidad y calidad de la información (preferiblemente espacial) permitirá realizar un ejercicio de selección de variables y la construcción de indicadores para el análisis y la evaluación del problema de la degradación de suelos y la desertificación, con miras al monitoreo y seguimiento.

Con la selección de variables se puede realizar el ejercicio de análisis y evaluación mediante el cálculo de indicadores relevantes en el país o en las zonas de estudio. Este cálculo se efectúa relacionando o comparando el estado actual de la degradación con sus posibles causas e impactos generados (ver Figura 39). Los indicadores son una herramienta que otorga relevancia a los datos, tanto para la sociedad como para la formulación de políticas. Estos sirven para el monitoreo del proceso, la

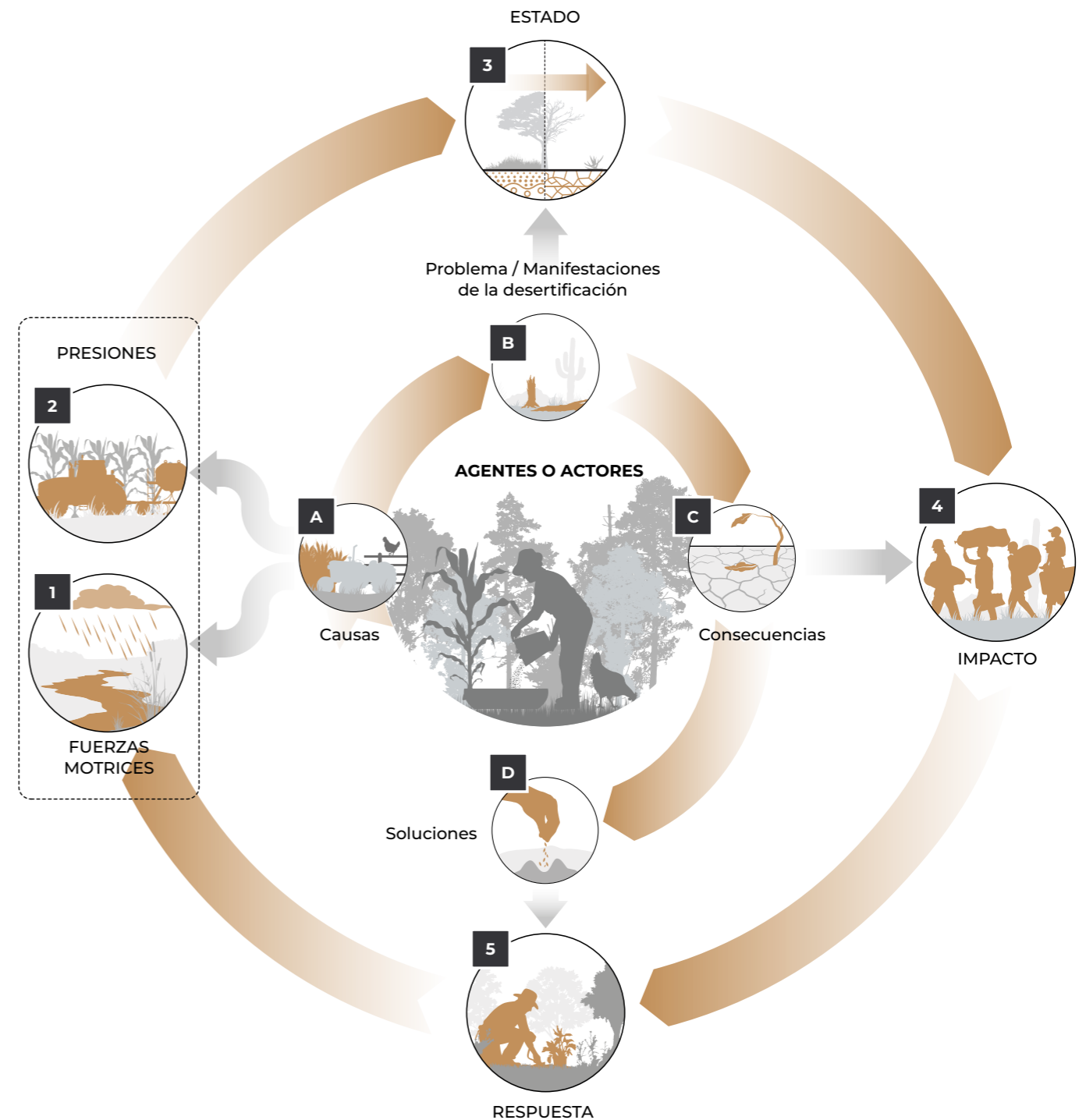
toma de decisiones y el diseño de planes que contribuyan a comprender la realidad de la desertificación.

Las variables seleccionadas se analizan de forma espacial (cruces) con la zonificación del estado actual de degradación para la generación de los indicadores relevantes. A partir de los análisis espaciales, la información se presenta tanto de manera espacial como estadística, con el fin de mostrar las tendencias, similitudes y diferencias entre variables relacionadas como causas o consecuencias de la desertificación. Con algunos de estos indicadores es posible realizar análisis cartográficos, aunque en la mayoría de los casos solo se efectúan análisis estadísticos. Los indicadores aportan más información y son de mayor utilidad si se generan por unidades de referencia como provincias, departamentos, municipios, cuencas hidrográficas o áreas de jurisdicción de autoridades ambientales.

En las siguientes figuras se presentan algunos ejemplos de indicadores de presión e impacto para el proceso de desertificación, que podrían utilizarse en la evaluación (tomado del Protocolo Ideam, 2019).

FIGURA 39.

Relaciones FPEIR y generación de indicadores para la evaluación de la desertificación

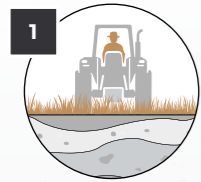


Fuente: Ideam (2019).

FIGURA 40.

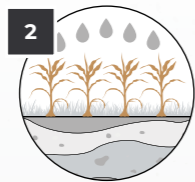
Indicadores de presión más frecuentes en el proceso de desertificación

PLANEACIÓN DEL USO DEL SUELO



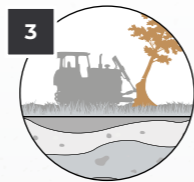
- **Usos agrícolas o pecuarios en conflicto:** superficie con algún grado de desertificación en zonas de sobreutilización.
- **Sistemas agrícolas o pecuarios en zonas no aptas:** superficie con algún grado de desertificación en zonas no aptas.
- **Exceso de utilización de maquinaria agrícola o labranza:** número de cultivos mecanizados en zonas objeto de desertificación / Área con algún grado de desertificación en zonas con cultivos mecanizados.

MANEJO DE CULTIVOS



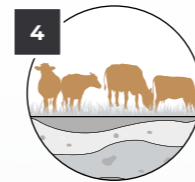
- **Riego inapropiado o continuo:** superficie de zonas con sistemas de riego en zonas de desertificación con grados severo y muy severo.
- **Aplicación inadecuada de fertilizantes:** área con algún grado de desertificación en zonas de cultivos que utilizan fertilizantes.

DEFORESTACIÓN Y REMOCIÓN DE VEGETACIÓN NATURAL



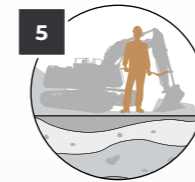
- **Deforestación a tala rasa:** superficie con algún grado de desertificación en zonas de deforestación (últimos 10 años).
- **Plantaciones forestales comerciales a gran escala con pobre manejo:** número de plantaciones forestales en zonas objeto de desertificación / Área en desertificación en zonas con plantaciones forestales.
- **Incendios forestales:** número de incendios forestales en zonas con algún grado de desertificación.

PRÁCTICAS PECUARIAS



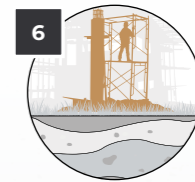
- **Sobrepastoreo:** superficie en pastos y coberturas asociadas a la ganadería en zonas con grados severo y muy severo de desertificación.
- **Número excesivo de cabezas de ganado:** área con algún grado de desertificación en zonas con erosión por tránsito de ganado (huella de vaca).

ACTIVIDADES INDUSTRIALES O MINERAS



- **Contaminación por vertimientos sobre suelos de aguas industriales o minería:** número de permisos de vertimientos o reusos de aguas industriales o de minería en zonas con algún grado de desertificación.

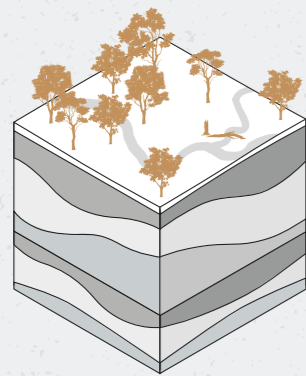
DESARROLLO URBANO E INFRAESTRUCTURA



- **Construcciones urbanas en suelos con vocación agropecuaria:** superficie de territorios artificializados en zonas objeto de desertificación.
- **Construcción de vías y caminos:** cantidad de longitud (km) de vías principales y secundarias en zonas con algún grado de desertificación.

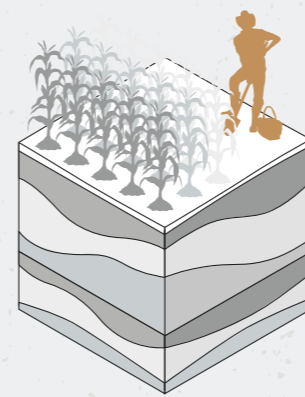


INDICADORES DE IMPACTO DE LA DESERTIFICACIÓN



COMPONENTE ECOLÓGICO

- **Pérdida de productividad primaria neta:** cambios en la productividad primaria neta (biomasa) debidos a cambios de cobertura en zonas afectadas por la desertificación.
- **Pérdida de materia orgánica (carbono orgánico del suelo):** cambios en el contenido de carbono orgánico de los suelos por unidad de suelo en zonas con grados severo y muy severo de desertificación.
- **Pérdida de fertilidad o nutrientes:** cambios en los contenidos de macronutrientes por unidad de suelo en zonas con grados severo y muy severo de desertificación.
- **Transformación de la cobertura vegetal:** cambios de las coberturas vegetales naturales transformadas en zonas objeto de desertificación.
- **Cambios en la dinámica hídrica del suelo (infiltración, conductividad hidráulica):** disminución de la infiltración y pérdida de humedad en suelos en zonas con grados severo y muy severo de desertificación.
- **Cambios en los contenidos de humedad del suelo (capacidad de campo, punto de marchitez):** disminución del agua útil por unidad de suelo en zonas con grados severo y muy severo de desertificación.
- **Pérdida de biodiversidad:** disminución del número de especies por bioma en las zonas objeto de desertificación / Disminución de las poblaciones en especies vulnerables por bioma en zonas objeto de desertificación.
- **Afectación de áreas protegidas y prioritarias para la conservación:** superficie de áreas protegidas afectadas por algún grado de desertificación.



COMPONENTE ECONÓMICO

- **Cambios en el uso de la tierra:** cambios de usos del suelo en zonas afectadas por algún grado de desertificación.
- **Disminución de la productividad (rendimientos):** disminución de rendimientos por cultivo en las zonas con severidad de desertificación.
- **Disminución de la capacidad de carga:** número de cabezas de ganado por unidad productiva en las zonas con severidad de desertificación.
- **Cambios en la cantidad y calidad de aguas para riego:** disminución de los caudales en los distritos de riego afectados por desertificación.
- **Disminución de los ingresos / aumento de costos de producción:** aumento de los costos de producción de los principales cultivos en zonas afectadas por algún grado de desertificación.
- **Afectación en áreas de vocación agrícola y ganadera:** superficie afectada por la desertificación en suelos clases I, II y III.
- **Conflictos territoriales:** aumento en la sobreexplotación de los suelos en zonas objeto de desertificación.

Para el caso de Colombia, se llevó a cabo un ejercicio de identificación y selección de indicadores para su utilización en el Estudio Nacional de Suelos por

Desertificación. Algunos ejemplos se presentan en las siguientes tablas.

TABLA 8.

Indicadores de presión y fuentes de información para Colombia

Indicador	Fuente de información
Presión de los incendios forestales en áreas con magnitud y severidad de desertificación.	Interpretación a partir del monitoreo de puntos calientes con imágenes de satélite (NASA FIRMS). Verificación con estudio de áreas quemadas (Ideam, 2019).
Presión de la deforestación en áreas con magnitud y severidad de desertificación.	Análisis multitemporal entre los reportes de cambio de bosque no bosque en temporalidad 2010 y 2020 (Ideam, 2020).
Presión por uso agrícola en áreas con magnitud y severidad de desertificación.	Interpretación para el estudio nacional, a partir de las coberturas de la tierra CLC 2020 (Ideam, 2020).
Presión por ganadería en áreas con magnitud y severidad de desertificación.	Interpretación para el estudio nacional, a partir de las coberturas de la tierra CLC 2020 (Ideam, 2020).
Presión por minería en áreas con magnitud y severidad de desertificación.	Mapa de títulos mineros (Agencia Nacional de Minería [ANM], 2024).
Presión por uso crítico del agua en cuencas con magnitud y severidad de desertificación.	Mapa del índice de uso de agua (IUA) por subzona hidrográfica, año seco, Estudio Nacional del Agua – ENA (Ideam, 2021).
Presión por cultivos ilícitos en áreas con magnitud y severidad de desertificación.	Densidad del cultivo de coca. Ministerio de Justicia y del Derecho, periodo 2020.
Presión de la huella espacial humana en áreas con magnitud y severidad de desertificación.	Índice de Huella Espacial Humana en Colombia (IAvH, 2022).

Fuente: Ideam (2025).

Estos indicadores se representan mediante capas digitales de información geográfica y se analizan por medio de cruces cartográficos con la zonificación de degradación del suelo, para generar datos que permitan interpretar la convergencia de evidencias. A partir de los datos obtenidos en los análisis espaciales, se presentan las tendencias, similitudes y diferencias entre variables relacionadas como causas o consecuencias de la desertificación. Este proceso se desarrolla utilizando herramientas y *software* SIG, con los cuales se explora la relación entre el proceso de desertificación y los indicadores por componentes de análisis, en el marco de la metodología de indicadores FPEIR.

En el procesamiento espacial de los datos, se emplean como insumos las capas de información geográfica, las cuales se adaptan a los parámetros y características establecidos para el proceso. Cada capa cartográfica resultante del cruce con el estado de la degradación se agrega por unidades espaciales regionales relevantes para la toma de decisiones. En el caso de Colombia, estas unidades incluyen las cuencas hidrográficas principales, los departamentos, las jurisdicciones de las autoridades ambientales regionales y otras que se determinen.

TABLA 9.

Indicadores de impacto y fuentes de información para Colombia

Indicador	Fuente de información
Impacto por magnitud y severidad de la desertificación en áreas priorizadas para la conservación de la biodiversidad.	Mapa de áreas priorizadas para la conservación de la biodiversidad (IAvH, 2021).
Impacto por magnitud y severidad de la desertificación en los ecosistemas naturales.	Mapa de ecosistemas de Colombia 100k (Ideam, 2020).
Impacto por magnitud y severidad de la desertificación en áreas con vocación para el uso agrícola.	Mapa de vocación de uso del suelo 100k (IGAC, 2017).
Impacto por magnitud y severidad de la desertificación en áreas con vocación de uso ganadero.	Mapa de vocación de uso del suelo 100k (IGAC, 2017).
Impacto por magnitud y severidad de la desertificación en áreas con vocación de uso forestal.	Mapa de vocación de uso del suelo 100k (IGAC, 2017).
Impacto por magnitud y severidad de la desertificación en cuencas abastecedoras de embalses.	Ubicación geográfica de los embalses (Ideam, 2024).
Impacto por magnitud y severidad de la desertificación en áreas con stock de carbono orgánico en el suelo.	Mapa Nacional de Stock de Carbono Orgánico de Colombia (IGAC, 2017).
Impacto por magnitud y severidad de la desertificación en áreas con mayor susceptibilidad a conflictos socioambientales.	Índice de susceptibilidad a conflictos socioambientales (Ideam, 2014).
Impacto por magnitud y severidad de la desertificación en los resguardos indígenas.	Mapa de resguardos indígenas formalizados (ANT, 2025).
Impacto por magnitud y severidad de la desertificación sobre el recurso suelo.	Mapa de correlación de suelos (IGAC, 2012).

Fuente: Ideam (2025).

Una vez calculados los indicadores, se realiza la evaluación integral mediante un análisis de desequilibrio territorial, que permite valorar el proceso según los indicadores de causas y consecuencias para cada componente del territorio o unidad de referencia. Este análisis parte de las categorías e indicadores identificados previamente; cada categoría se califica con una valoración de 10 a 1, donde 10 indica que la convergencia entre presión e impacto de la desertificación se extiende en toda la unidad de análisis, y 1 representa poca presencia en el área de estudio. Una vez evaluados los indicadores, se obtiene una idea más clara de la calificación de cada categoría, de su relación directa o

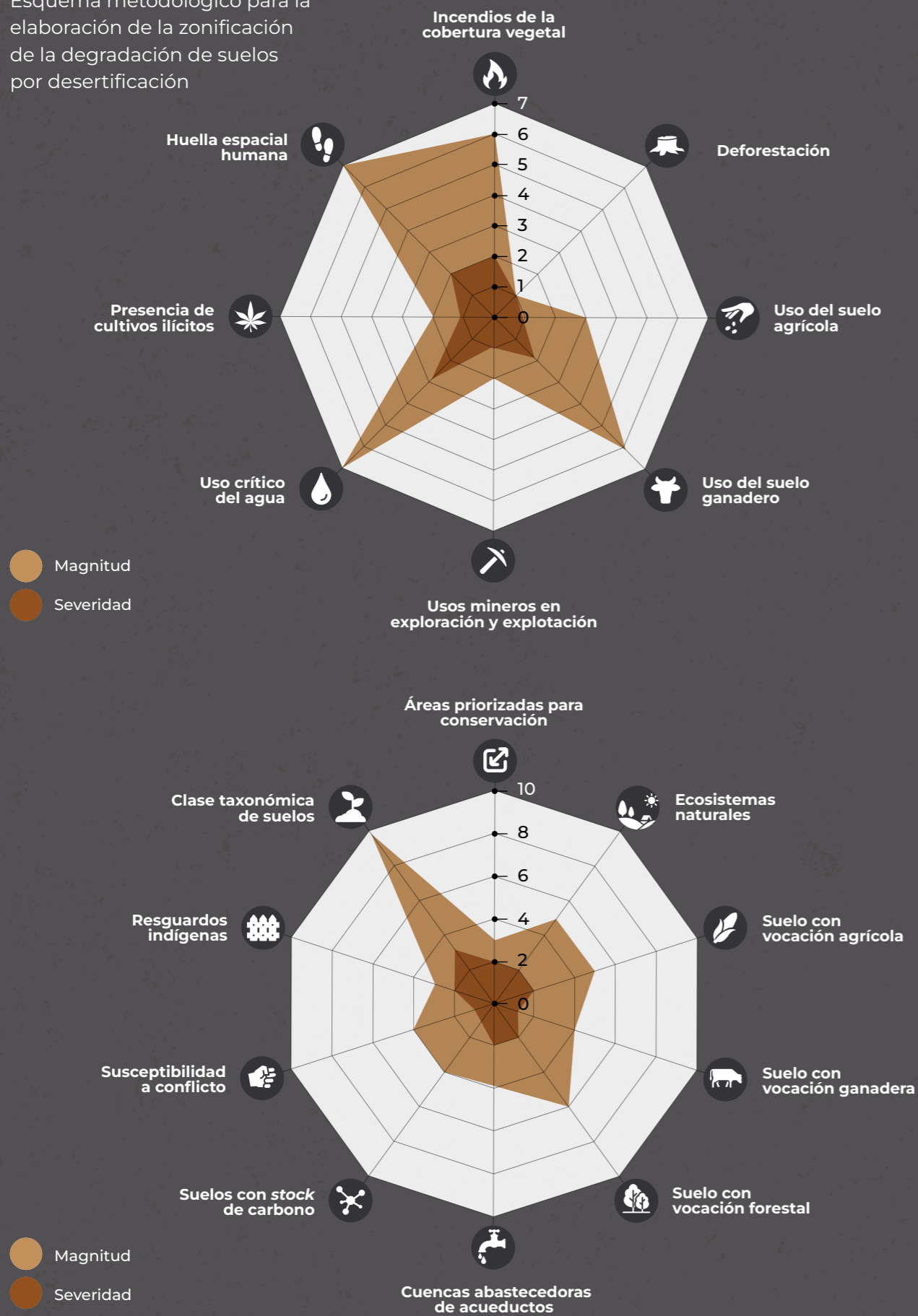
indirecta con la degradación de suelos y de las interrelaciones entre las diferentes categorías.

Cada una de las categorías se califica y se grafica su puntaje mediante una hoja de cálculo y la herramienta de gráfico radial; de esta manera se obtiene el gráfico de relación (Figura 41). El análisis de las variables que más inciden en el desequilibrio permite identificar los conflictos actuales y proyectar posibles conflictos futuros, que deben ser abordados en las propuestas de intervención territorial. Esto proporciona una visión general de los aspectos que requieren especial atención para identificar los puntos relevantes del desequilibrio.

FIGURA 41.

Esquema metodológico para la elaboración de la zonificación de la degradación de suelos por desertificación

Fuente: Ideam (2025).



El resultado de los indicadores se analiza espacialmente y se interpreta de manera interrelacionada, lo que permite esbozar un panorama amplio e integrador de las condiciones que influyen en los procesos de desertificación en el territorio. Para este análisis se emplean gráficas y otros recursos que facilitan la lectura e interpretación de la convergencia de evidencias.

Monitoreo y seguimiento de la desertificación

A lo largo del documento se han abordado algunos instrumentos metodológicos utilizados para realizar el monitoreo de la degradación de suelos y la desertificación en Argentina y Colombia. El tema del monitoreo es amplio y requiere definir los fines o propósitos del seguimiento del proceso. En este capítulo se desarrollan los aspectos del monitoreo desde tres perspectivas: red de monitoreo, indicadores de cambio y monitoreo de sitios.

Red de monitoreo de la degradación de suelos y tierras

La degradación de tierras y la desertificación constituyen un problema que compete a toda la sociedad de un país o región; por tanto, es importante que la mayoría de los actores relacionados con esta problemática participen en una red que genere datos e información de forma constante y oportuna. La creación de una red compleja con múltiples actores requiere una organización sólida.

Uno de los ejemplos para llevar a cabo este monitoreo y seguimiento es el Observatorio Nacional de Degradación de Tierras y Desertificación (ONDyD) de Argentina, que “es un sistema nacional de evaluación y monitoreo de tierras a diferentes escalas (nacional, regional y de sitios piloto), basado en un abordaje integral, interdisciplinario y participativo. Está sustentado en una red de organizaciones científico-tecnológicas y políticas que proveen datos y conocimientos, y al mismo tiempo son usuarias de la información”.

El objetivo principal del Observatorio es “proveer información relativa al estado, las tendencias y los riesgos de la degradación de tierras y la desertificación con el fin de elaborar recomendaciones referidas a la prevención, mitigación y recuperación, para mejorar la toma de decisiones en torno a la gestión ambiental a nivel público y privado”.

“Uno de los objetivos específicos es evaluar y monitorear las causas y consecuencias de la degradación de tierras (DT) mediante indicadores biofísicos y socioeconómicos seleccionados” (<https://desertificacion.gob.ar/el-observatorio/objetivos/>).

El ONDyD desarrolló el Sistema Nacional de Evaluación y Monitoreo de Tierras a diferentes escalas (nacional, regional y local), basado en un abordaje integral, interdisciplinario y participativo. Este sistema se sustenta en la red de organizaciones científico-tecnológicas y políticas del ONDyD. Una de las principales actividades consiste en la generación y sistematización de información relacionada con la degradación de tierras y la desertificación, a nivel nacional y local, en forma de indicadores que permitan el monitoreo a través del tiempo y el espacio, así como de estudios permanentes en los sitios piloto (SP) situados en diferentes regiones del país, donde se analizan detalladamente los procesos vinculados con la degradación de las tierras y se generan los datos a nivel local.

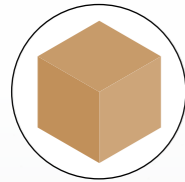
El esquema de monitoreo combina el uso de información de diversas fuentes: conocimiento tradicional, opinión de expertos, imágenes de sensores remotos, observaciones en terreno, datos analíticos, datos de productividad, uso del suelo y datos estadísticos como los censos (Iadiza, 2019) (ver Figura 23).

“Para su visualización se desarrollan mapas interactivos, publicaciones y un repositorio de datos geoespaciales en línea” (<https://desertificacion.gob.ar/el-observatorio/presentacion/>).

Indicadores de cambio y temporalidad

La implementación del monitoreo y seguimiento de la degradación de suelos y la desertificación requiere el levantamiento de datos o información de manera

periódica, con el fin de identificar los cambios —en especial los negativos— en el estado de los procesos de degradación. La temporalidad de los datos para el monitoreo depende de las necesidades de atención al problema según los niveles de análisis (nacional, regional o local):



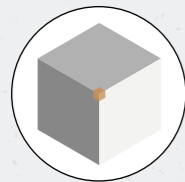
A nivel nacional, el monitoreo debería realizarse al menos cada 10 años, mediante una red que compile la información local y regional, e incluya la elaboración de una nueva zonificación.



A nivel regional, se puede compilar información en una red de monitoreo multiactores; es decir, los distintos actores deberán participar con datos espaciales y temporales. Es necesario que una institución —idealmente la autoridad ambiental regional— encabece la recopilación de datos e información al menos una vez cada 5 años.



A nivel local, la problemática requiere mayor atención; por lo tanto, debería realizarse de forma periódica, al menos una vez al año.



A nivel de sitio, se generarán datos de manera constante.

En cuanto a los indicadores de monitoreo, estos deben centrarse en los cambios temporales de las distintas categorías utilizadas en la línea base de degradación o en la zonificación inicial de referencia. Los análisis de seguimiento permiten medir o estimar los indicadores FPEIR tanto positivos como negativos.

El estado actual de la degradación de suelos por desertificación se analiza a través de la zonificación de la línea base a escala nacional o regional. Los indicadores que evalúan este estado son los siguientes: magnitud y severidad.

El índice de magnitud se calcula sumando el área afectada con algún grado de degradación de suelos por desertificación (exceptuando las categorías “muy ligera” o “sin desertificación”) y relacionándola con el

área total de la zona de estudio. El resultado se expresa como porcentaje del área total y representa las zonas con algún grado actual de desertificación.

El índice de severidad es la relación entre el área con grados de degradación por desertificación severa y muy severa, y el área total de la zona de estudio. Este índice refleja el nivel máximo de degradación de suelos por desertificación en cada unidad de análisis.

Para el monitoreo, es importante generar estos indicadores en dos periodos distintos y realizar la comparación temporal, prestando atención a los cambios positivos y negativos en el grado de degradación de los suelos.

A continuación, se proponen otros indicadores del proceso para el monitoreo y seguimiento.

TABLA 10.

Ejemplos de indicadores de monitoreo del cambio del estado de degradación de suelos por desertificación

ESTADO	VARIABLE	INDICADOR DE CAMBIO (PORCENTAJE)
Tipo 	Procesos de degradación de suelos	■ Porcentaje de área afectada por desertificación en zonas con otros procesos de degradación de suelos.
Grado 	Intensidad y magnitud de los procesos de desertificación	■ Porcentaje de área afectada por desertificación con cambio en la magnitud o severidad de la degradación.
Origen 	Actividades y fuentes que afectan el cambio de la desertificación	■ Porcentaje de área afectada por desertificación de suelos según la causa.

TABLA 11.

Ejemplos de indicadores de monitoreo de presiones a la degradación de suelos por desertificación

COMPONENTE	VARIABLE	INDICADOR DE CAMBIO (PORCENTAJE)
Ecológico 	Cambio climático	■ Porcentaje de área afectada por la severidad y debido al cambio climático. ■ Porcentaje de área afectada por la severidad en desertificación donde la precipitación ha cambiado.
Económico 	Sistemas productivos	■ Porcentaje de área afectada por la severidad de desertificación en sistemas productivos. ■ Porcentaje de área con intensificación de sistemas productivos sobre zonas con desertificación.
Social 	Crecimiento poblacional	■ Porcentaje de área y hectáreas afectadas por desertificación de suelos en áreas con tendencias incrementales de la población.

TABLA 12.

Ejemplos de indicadores de monitoreo de impacto sobre la degradación de suelos por desertificación


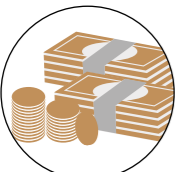


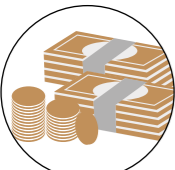

ESTADO	VARIABLE	INDICADOR DE CAMBIO
Ecológico 	Áreas protegidas	<ul style="list-style-type: none"> Porcentaje de área y hectáreas afectadas por desertificación de suelos en áreas protegidas.
Económico 	Suelos clases I, II, III, IV Productividad	<ul style="list-style-type: none"> Porcentaje de área y hectáreas afectadas por desertificación de suelos en áreas de suelos clase I, II, III, IV. Cambios en los rendimientos por cada sistema productivo.
Social 	Desplazamiento poblacional	<ul style="list-style-type: none"> Porcentaje de área afectada por desertificación de suelos según la causa.

TABLA 13.

Ejemplos de indicadores de monitoreo de respuestas a la degradación de suelos por desertificación

COMPONENTE	VARIABLE	INDICADOR DE CAMBIO
Ecológico 	Áreas de importancia ecológica	<ul style="list-style-type: none"> Porcentaje de proyectos con estrategias de conservación o recuperación de suelos en áreas de importancia ambiental. Número de hectáreas con proyectos de conservación, rehabilitación o restauración.
Económico 	Áreas de importancia agrícola o pecuaria	<ul style="list-style-type: none"> Porcentaje de proyectos con estrategias de conservación o recuperación de suelos en áreas agrícolas o ganaderas. Número de hectáreas con prácticas para la conservación, rehabilitación o restauración.
Social 	Educación y sensibilización	<ul style="list-style-type: none"> Número de programas de capacitación, divulgación y sensibilización en los procesos de degradación de suelos por desertificación. Número de personas capacitadas o sensibilizadas en los temas de degradación de suelos.

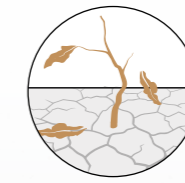
Monitoreo en sitios piloto

El Observatorio Nacional de Degradación de Tierras y Desertificación (ONDTyD) en Argentina cuenta con un modelo para realizar el monitoreo en sitios piloto, donde se lleva a cabo una evaluación integral mediante una propuesta metodológica basada en cinco capitales o componentes: aspectos humanos, sociales, físicos, financieros y naturales. En estos sitios piloto se pueden generar datos de campo e indicadores a escala local de forma interdisciplinaria, interinstitucional y participativa. Se realizan dos tipos de evaluación: biofísica y socioeconómica.

La evaluación biofísica describe el estado o la calidad del ambiente en los sitios piloto para determinar la línea base de estos; allí se examinan la erosión, la vegetación y el suelo en los puntos de observación. Se entiende por calidad ambiental la capacidad de los componentes ecosistémicos para funcionar dentro de ciertos límites naturales y antrópicos del ecosistema, sustentar la productividad vegetal y animal, mantener la calidad del suelo, el agua y el aire, y promover la salud de plantas, animales y seres humanos.

Para la evaluación y el monitoreo de la calidad ambiental en los sitios piloto, se puede trabajar en tres niveles de información. El primer nivel consiste en la obtención de información para toda la superficie, generalmente mediante el análisis de imágenes satelitales. En el segundo nivel se evalúa la degradación de tierras en cada unidad de referencia a través del levantamiento de datos en campo. El tercer nivel de información resulta de la evaluación y el monitoreo de la erosión, el suelo, la vegetación y el agua mediante análisis fisicoquímicos de muestras tomadas (suelo, agua) o mediciones en campo (erosión, vegetación). En la mayoría de los casos, la toma de muestras o las mediciones se realizan en varios puntos o parcelas de monitoreo.

Algunos indicadores utilizados en la evaluación biofísica se relacionan con los temas de erosión, vegetación, suelo y agua (tomado de Iadiza, 2019).



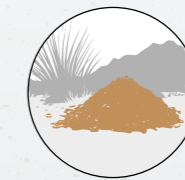
Erosión

- Estado de la erosión eólica
- Estado de la erosión hídrica
- Transporte de material particulado



Vegetación

- Superficie de humedales
- Parches de vegetación natural remanente
- Heterogeneidad en paisajes agrícolas
- Tipos fisonómicos florísticos de la vegetación
- Cobertura total de la vegetación



Suelos

- Características superficiales del suelo
- Superficie con signos de salinidad o alcalinidad
- Carbono orgánico (C_{org})
- Conductividad eléctrica
- pH
- Capacidad de intercambio catiónico
- Densidad aparente



Aguas

- Superficie de espejos de agua
- Superficie de zonas inundadas
- Conductividad eléctrica
- pH
- Nitratos
- Arsénico
- Nivel estático en aguas subterráneas

La evaluación y el análisis de los aspectos socioeconómicos se basan en el marco conceptual de los medios de vida sostenibles, el cual permite visualizar los medios de vida con los que cuenta una determinada población. El concepto de base es que un medio de vida es sostenible cuando puede afrontar y recuperarse de rupturas y caídas bruscas en cada uno de los componentes o capitales. El análisis se representa mediante un gráfico con forma de pentágono, con cinco ejes, cada uno correspondiente a un componente o capital.



Capital humano: caracterizado por los niveles de salud, alimentación, educación y conocimientos, entre otros.

- 1 Dependencia poblacional.
- 2 Casos registrados de afecciones de notificación obligatoria.
- 3 Casos de principales afecciones locales.
- 4 Porcentaje de abandono escolar.
- 5 Porcentaje de egreso por nivel educativo.
- 6 Analfabetismo por sexo (%).
- 6.A Clima educacional del hogar.



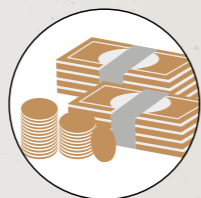
Capital social: redes y conexiones entre individuos con intereses compartidos, formas de participación social y relaciones de confianza y reciprocidad.

- 7 Porcentaje de hogares con afiliación a organizaciones de la sociedad civil (OSC).
- 8 Porcentaje de programas existentes por área de intervención.
- 9 Porcentaje de productores por tipo.



Capital físico: infraestructuras y equipamientos que responden a las necesidades básicas y productivas de la población.

- 10 Índice de privación material de los hogares (IPMH).
- 10.A Condiciones habitacionales (CONDHAB).
- 11 Porcentaje de explotaciones según el tipo de tenencia de la tierra.
- 12 Porcentaje de explotaciones por tipo y subtipo de fuente de agua.



Capital financiero: recursos financieros que las poblaciones utilizan para alcanzar sus objetivos en materia de medios de vida.

- 13 Ingresos totales del hogar.
- 14 Porcentaje de población con acceso a subsidios.
- 15 Porcentaje de productores con acceso al crédito.



Capital natural: recursos naturales útiles en materia de medios de vida.

FIGURA 42.

Indicadores seleccionados para cada componente

Fuente: Iadiza (2019).

Lineamientos técnicos para la gestión sostenible de la tierra en zonas afectadas por desertificación

La gestión sostenible de las tierras se define como el uso de los recursos de la tierra —incluidos el suelo, el agua, la vegetación y los animales— para producir bienes y proveer servicios que satisfagan las necesidades humanas cambiantes, garantizando al mismo tiempo el potencial productivo a largo plazo de estos recursos y el mantenimiento de sus funciones ambientales (Wocat, 2021).

El proceso metodológico para abordar la propuesta de gestión sostenible debe enfocarse en la relación con el estado actual de degradación de suelos y las causas directas del proceso. Se deben definir zonas homogéneas de desertificación considerando varias actividades:

- Definición de unidades de gestión sostenible.
- Construcción de grupos de manejo sostenible.
- Identificación de las causas de degradación de suelos por desertificación.
- Identificación de prácticas de manejo sostenible de tierras en cada grupo de manejo.
- Definición de lineamientos y recomendaciones de gestión en las zonas de desertificación.

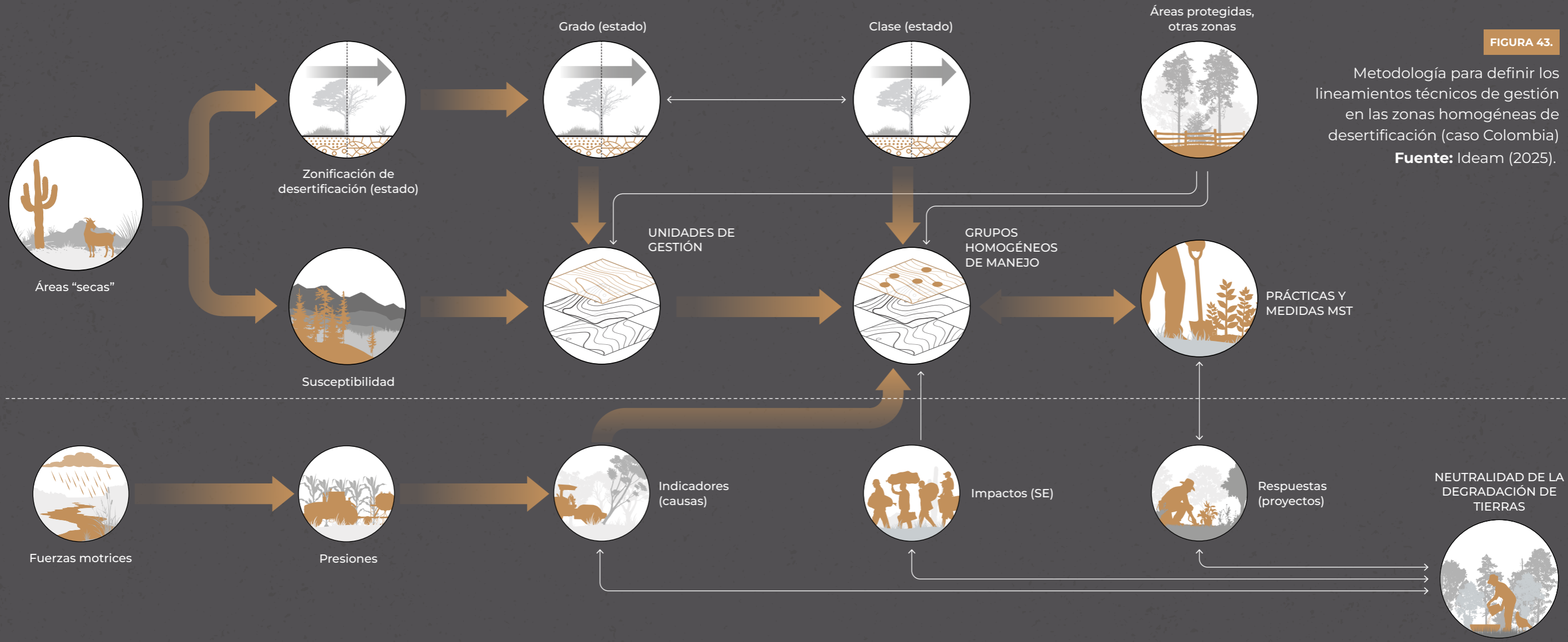


FIGURA 43.

Metodología para definir los lineamientos técnicos de gestión en las zonas homogéneas de desertificación (caso Colombia)
Fuente: Ideam (2025).

La relación entre las categorías del grado de desertificación y las categorías de susceptibilidad conforma las unidades de gestión (UG), según su finalidad: preservación, mitigación, rehabilitación, recuperación o adaptación. Estas unidades de gestión se combinan con las categorías de clase de degradación por desertificación y conforman los grupos homogéneos de manejo (GHM).

- **Preservación**
- **Protección (en áreas protegidas)**
- **Mitigación**
- **Restauración (en áreas protegidas)**
- **Rehabilitación**
- **Recuperación**
- **Adaptación**

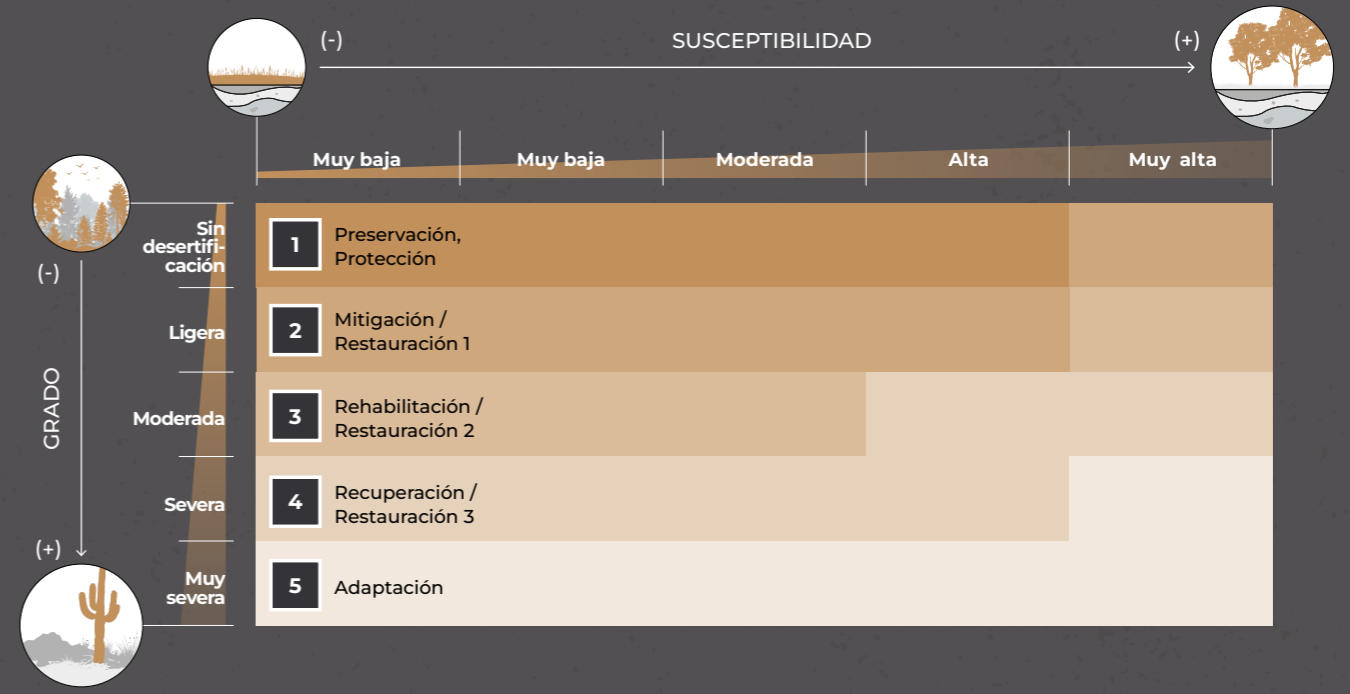
Para la definición de las unidades espaciales de gestión, se realizó un análisis espacial entre las unidades de desertificación según sus categorías de grado (sin desertificación, ligera, moderada, severa y muy severa) y las unidades de susceptibilidad (muy baja, baja, media, alta y muy alta).

El análisis consideró la utilización de los siguientes tipos de gestión:

El análisis de la relación entre el estado del grado de desertificación y las unidades de susceptibilidad genera los distintos tipos de gestión, según la siguiente figura.

FIGURA 44.

Definición de unidades de gestión según la relación entre grado de desertificación y susceptibilidad



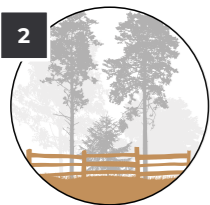
La conformación de los grupos homogéneos de manejo se realiza como una subdivisión de las unidades de gestión, utilizando la clase de desertificación representada por la dominancia de los procesos específicos de degradación: erosión (física), salinización (química), pérdida de materia orgánica (biológica) o combinación de estos. En los grupos homogéneos de manejo se elabora un análisis correlacional con los distintos indicadores de fuerzas motrices y presiones (causas) de la degradación del suelo en estas zonas. Con base en estas relaciones, se elaboran los lineamientos para el manejo sostenible, según las prácticas, propósitos y medidas específicas.

Las categorías generales de las unidades espaciales de gestión son las siguientes:



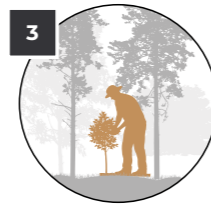
Preservación: consiste en mantener la composición, estructura y función del suelo y demás características de la tierra (ecosistema), conforme a su dinámica natural, evitando al máximo la intervención humana y sus efectos. Son acciones encaminadas a conservar las condiciones naturales y evitar la degradación de la tierra que puedan generar proyectos, obras o actividades (ANLA, 2021). El alcance de este tipo de estrategia se centra en conservar las áreas no transformadas o con niveles muy bajos de alteración, para evitar su degradación. Esto puede incluir la implementación de actividades de mitigación y la prohibición de aquellas que puedan causar degradación.

La unidad de gestión de prevención considera zonas con coberturas vegetales naturales o poca alteración, como bosques, arbustales y herbazales, donde no existen actividades productivas que generen pérdida de suelo. En estas zonas se incorporan áreas sin desertificación, con susceptibilidad de muy baja a alta.



Protección: tiene las mismas características de la unidad de preservación, pero corresponde a áreas dentro

de las distintas categorías de zonas legalmente protegidas. Los sectores transformados y degradados dentro de las áreas protegidas serán objeto de restauración ecológica o productiva, y se incorporan en la unidad de manejo de restauración.



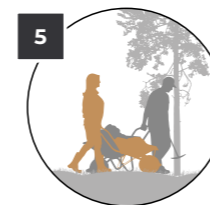
Mitigación: comprende las zonas con poca intervención o degradación ligera. Las acciones en esta unidad de manejo se dirigen a reducir la degradación actual y prevenir su avance, con el propósito de mantener los recursos naturales y sus funciones y servicios ecosistémicos esenciales. Estas acciones generan resultados que suelen ser perceptibles en el corto o mediano plazo, contribuyendo a la sostenibilidad ambiental y al equilibrio ecológico. El objetivo de esta unidad es garantizar la conservación de los recursos naturales, preservando sus funciones ecológicas y su capacidad productiva.

También abarca zonas que, aun en condiciones naturales, presentan suelos muy susceptibles a la degradación. Por tanto, se incluyen en esta unidad las zonas con degradación ligera y susceptibilidad muy baja a alta, así como sectores sin desertificación, pero con susceptibilidad muy alta.



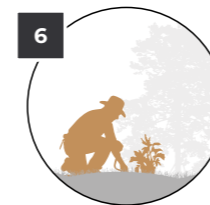
Rehabilitación: esta unidad incorpora tierras transformadas, generalmente destinadas a actividades productivas, que presentan manifestaciones visibles de degradación del suelo. Se busca restablecer de manera parcial los elementos estructurales y funcionales del suelo, así como su productividad y servicios ecosistémicos, mediante la implementación de prácticas de manejo.

En la unidad de gestión de rehabilitación se incluyen zonas con desertificación en grado moderado y susceptibilidad muy baja a media, además de zonas con grado ligero y susceptibilidad muy alta.



Recuperación: comprende tierras muy transformadas que se han degradado hasta el punto de que los usos productivos ya no son posibles o la tierra se ha vuelto poco productiva. Las acciones se encaminan a reconstruir los servicios del suelo sin pretender llevarlo a su estado inicial. Puede incluir técnicas para el “retorno de las tierras a un propósito útil dentro del contexto productivo” (Minambiente, 2013) o actividades para la estabilización ecológica o el mejoramiento estético. En este caso, se requieren inversiones de mayor plazo y costo para recuperar estas zonas

La unidad de gestión de recuperación considera las áreas con degradación severa y susceptibilidad a la desertificación muy baja a alta, así como las áreas con grado moderado y susceptibilidad alta o muy alta.

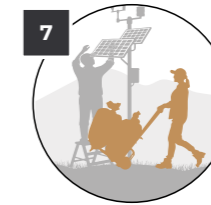


Restauración: esta unidad comprende los sectores dentro de las áreas legalmente protegidas que se encuentran transformados y degradados y, por tanto, requieren acciones de restauración para cumplir las funciones derivadas de la categoría del área protegida correspondiente. Las actividades de restauración pueden incluir desde la revegetalización hasta la re-

Foto. Proceso de degradación de suelos por erosión muy severa en surcos y cárcavas
Ubicación. Tocaima, Cundinamarca, Colombia
Autor. Javier Otero García



construcción del suelo y la reconfiguración geomorfológica, según el estado actual de degradación. En esta unidad se agrupan las zonas con grados de degradación de ligero a muy severo y distintos niveles de susceptibilidad, dentro de áreas legalmente protegidas.



Adaptación: se aplica cuando la rehabilitación o restauración del estado original de la tierra ya no es posible o requiere recursos que exceden los medios de los usuarios. Esto implica aceptar el estado avanzado de la degradación del suelo, pero adaptar el manejo de tierras para ajustarse a esta condición (por ejemplo, adaptándose a la salinidad de los suelos mediante la introducción de especies tolerantes). Las zonas dentro de la unidad de gestión de adaptación incluyen áreas con degradación muy severa, así como zonas con grado severo y susceptibilidad muy alta.

El Wocat define una práctica de MST (tecnología) como una acción física en el campo que controla la degradación del suelo o fortalece la productividad. Las prácticas de manejo sostenible se pueden clasificar según su propósito, meta o tipo de medida (Wocat, 2021).



El propósito principal de las prácticas de MST comprende:

- 1 Reducir, prevenir o restaurar la degradación de la tierra
- 2 Conservar los ecosistemas
- 3 Proteger una cuenca hidrográfica
- 4 Preservar o mejorar la biodiversidad
- 5 Reducir el riesgo de desastres
- 6 Adaptarse al cambio climático o mitigar sus efectos



Las metas de las prácticas de MST en función de la degradación de la tierra son:

- 1 Prevenir la degradación del suelo
- 2 Reducir la degradación del suelo
- 3 Restaurar o rehabilitar tierras severamente degradadas
- 4 Adaptarse a la degradación del suelo



Los tipos de medidas de manejo se agrupan en:

- 1 Agronómicas
- 2 Vegetativas
- 3 Estructurales
- 4 De manejo

A continuación, se presentan ejemplos de prácticas de MST para cada unidad espacial de gestión definida.

TABLA 14.

Ejemplos de prácticas de MST para la unidad de gestión - Preservación / Protección

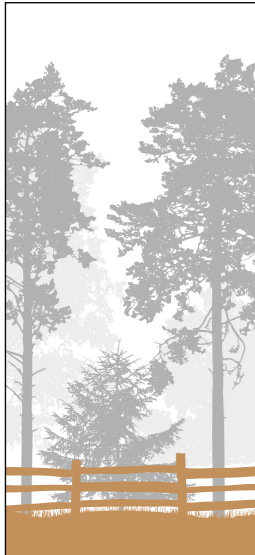
Propósito de manejo sostenible	Grupo de medidas	Medidas de manejo
 <ul style="list-style-type: none"> ■ Prevenir la degradación del suelo (suelo, agua, vegetación). ■ Conservar los ecosistemas. ■ Preservar / mejorar biodiversidad. ■ Mitigar los efectos del cambio climático y sus impactos. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Medidas vegetativas. ■ Medidas de manejo. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Revegetalización (cubierta de árboles y arbustos). ■ Reemplazo de especies foráneas e invasoras. ■ Incorporación de abonos verdes y orgánicos. ■ Control de invasión e ilegalidad. ■ Protección de ecosistemas estratégicos. ■ Mejoramiento del almacenamiento de carbono, conservación de la biodiversidad y estabilización del ciclo hidrológico.

TABLA 15.

Ejemplos de prácticas de manejo sostenible de tierras para la unidad de gestión - Mitigación

Propósito de manejo sostenible	Grupo de medidas	Medidas de manejo
 <ul style="list-style-type: none"> ■ Reducir y mitigar la degradación del suelo (suelo, agua, vegetación). ■ Conservar los ecosistemas y sus servicios. ■ Preservar y mejorar la biodiversidad. ■ Mitigar los efectos del cambio climático y sus impactos. ■ Mantener la productividad de las tierras. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Medidas vegetativas. ■ Medidas agronómicas. ■ Medidas de manejo. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Revegetalización (cubierta de árboles y arbustos). ■ Reemplazo de especies foráneas e invasoras. ■ Incorporación de abonos verdes y orgánicos. ■ Rotación de cultivos. ■ Agroforestería. ■ Labranza mínima. ■ Asociación de cultivos. ■ Restauración de humedales, coberturas vegetales naturales y ecosistemas estratégicos.

TABLA 16.

Ejemplos de prácticas de manejo sostenible de tierras para la unidad de gestión - Rehabilitación


Propósito de manejo sostenible	Grupo de medidas	Medidas de manejo
 <ul style="list-style-type: none"> ■ Mitigar la degradación del suelo (suelo, agua, vegetación). ■ Mantener y restablecer los servicios de los ecosistemas. ■ Mejorar la biodiversidad. ■ Rehabilitar la productividad de las tierras. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Medidas vegetativas. ■ Medidas agronómicas. ■ Medidas de manejo. ■ Medidas estructurales. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Cambio de uso de la tierra. ■ Revegetalización (cubierta de árboles y arbustos). ■ Reemplazo de especies foráneas e invasoras. ■ Descompactación del suelo. ■ Control de invasión e ilegalidad. ■ Restauración de humedales, bosques nativos y demás ecosistemas estratégicos. ■ Mejoramiento del almacenamiento de carbono en suelos y coberturas. ■ Recuperación de la biodiversidad por medio de mejoramiento de hábitat. ■ Estabilización y recuperación del ciclo hidrológico mejorando sus compartimentos. ■ Labranza cero. ■ Terrazas, zanjas de infiltración y barreras vegetativas.

TABLA 17.

Ejemplos de prácticas de manejo sostenible de tierras para la unidad de gestión - Recuperación


Propósito de manejo sostenible	Grupo de medidas	Medidas de manejo
 <ul style="list-style-type: none"> ■ Detener la degradación del suelo (suelo, agua, vegetación). ■ Restablecer los servicios de los ecosistemas. ■ Restaurar hábitats para recuperar la biodiversidad. ■ Recuperar la capacidad productiva de las tierras. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Medidas vegetativas. ■ Medidas agronómicas. ■ Medidas de manejo. ■ Medidas estructurales. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Cambio de uso de la tierra. ■ Revegetalización (cubierta de árboles y arbustos). ■ Incorporación de abonos verdes y orgánicos. ■ Descompactación del suelo. ■ Desalinización del suelo. ■ Restauración de humedales, bosques nativos y otros ecosistemas estratégicos. ■ Mejoramiento del almacenamiento de carbono. ■ Recuperación de la biodiversidad. ■ Recuperación del ciclo hidrológico. ■ Labranza cero. ■ Terrazas, zanjas de infiltración y barreras vegetativas. ■ Enmiendas agronómicas. ■ Cosechas de agua. ■ Manejo de desperdicios / manejo de aguas residuales. ■ Manejo de aguas subterráneas.

TABLA 18.

Ejemplos de prácticas de manejo sostenible de tierras para el grupo de gestión - Adaptación


Propósito de manejo sostenible	Grupo de medidas	Medidas de manejo
 <ul style="list-style-type: none"> ■ Detener la degradación del suelo (suelo, agua, vegetación). ■ Recuperar parte de los servicios de los ecosistemas. ■ Recuperar parte de la biodiversidad. ■ Adaptarse al cambio climático y sus impactos. ■ Adaptarse según cambios en capacidad productiva de las tierras. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Medidas vegetativas. ■ Medidas agronómicas. ■ Medidas de manejo. ■ Medidas estructurales. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Cambio de uso de la tierra o actividades productivas. ■ Revegetalización (cubierta de árboles y arbustos). ■ Reemplazo de especies foráneas e invasoras. ■ Incorporación de abonos verdes y orgánicos. ■ Descompactación del suelo. ■ Manejo de aguas residuales. ■ Manejo de aguas subterráneas. ■ Acomodación a procesos funcionales alterados (ciclo hídrico, ciclo del carbono, ciclaje de nutrientes). ■ Modificación de la infraestructura productiva para adaptarse a las condiciones futuras.



Foto. Zonas muy secas susceptibles a los procesos de degradación por desertificación

Ubicación. Agua de Dios, Cundinamarca, Colombia

Autor. Fredy Neira

Para implementar de manera efectiva las medidas de manejo sostenible del suelo, es fundamental contar con un diagnóstico detallado y actualizado del estado de degradación del suelo, así como de sus causas y efectos. Este análisis debe considerar la dinámica ecológica y productiva de cada zona de estudio y basarse en la colaboración activa entre las autoridades, la academia, los gremios y las comunidades locales, con el fin de identificar las características específicas de los suelos y los factores que inciden en su degradación.

Es esencial garantizar que las estrategias de manejo sostenible del suelo formen parte de un enfoque integral en el que todos los sectores trabajen de manera articulada para proteger y restaurar este recurso. Esto incluye fortalecer el marco legal, fomentar la inversión en tecnologías sostenibles y crear incentivos para las prácticas que promuevan la conservación del suelo.

7

Conclusiones y recomendaciones



El intercambio de experiencias metodológicas entre los tres países permitió realizar un análisis de estos instrumentos y elaborar la propuesta armonizada para el estudio y monitoreo de la degradación de suelos y la desertificación. A continuación se presentan las principales conclusiones y recomendaciones relacionada con esta guía:

1

El conocimiento y estudio de la degradación de suelos y la desertificación es un proceso complejo que requiere la formulación e implementación de metodologías y protocolos para la identificación, el diagnóstico, el monitoreo y la gestión sostenible de la amenaza real que representan estos procesos.

2

El documento reúne las experiencias y los avances de los países participantes del proyecto y presenta una guía metodológica armonizada, complementada a partir del análisis de herramientas metodológicas utilizadas para la identificación y evaluación de la degradación de los suelos y la desertificación en Colombia, Argentina y España.

3

Dentro de las experiencias metodológicas existen puntos en común y alternativas para elaborar el diagnóstico y el monitoreo de los procesos de degradación de suelos y de desertificación. Algunos de esos puntos son la utilización del modelo analítico FPEIR para definir indicadores para el diagnóstico y monitoreo; el estudio de la degradación por erosión como indicador de estado actual; y la convergencia de evidencias para abordar de manera integral la problemática de la desertificación.

4

Aunque las herramientas metodológicas no son iguales en cada uno de estos países, la implementación de estas metodologías ha mostrado resultados de diagnóstico del estado y estrategias para la gestión y manejo de la degradación satisfactorias en cada uno de ellos. Las experiencias de Colombia, Argentina y España concluyen que, en la medida en que se tenga mayor conocimiento sobre los procesos de degradación, sus causas y consecuencias, se podrá realizar una mejor gestión territorial orientada al manejo sostenible de los suelos.

5

Las herramientas metodológicas utilizadas en estos tres países son complementarias y algunas de ellas podrían tomarse como ejemplo para otros países. La diversidad de métodos y técnicas empleados para el estudio y entendimiento de la degradación de suelos y la desertificación constituye una fortaleza: Colombia con el aporte metodológico en protocolos y zonificaciones; Argentina con el Observatorio y sitios específicos de monitoreo; y España con el desarrollo de modelos de riesgo de erosión.

6

La metodología armonizada es un referente para mejorar la capacidad técnica de los países en torno a la generación y gestión del conocimiento, la producción de información pública sobre la degradación de los suelos y la desertificación, la identificación de medidas para prevenir, revertir y neutralizar estos procesos y la respuesta a los nuevos desafíos que implica la pospandemia en tiempos de inseguridad alimentaria y variabilidad y cambio climático.

7

La utilización de datos e información propia de cada país en las herramientas metodológicas permite un mejor acercamiento al entendimiento de la problemática de la degradación, la generación de indicadores y la formulación e implementación de medidas para la gestión sostenible de los suelos y la desertificación.

8

La metodología armonizada contribuye a la urgente necesidad de disponer de herramientas y alternativas técnicas para la identificación y comprensión de la problemática de la degradación de los suelos y la desertificación a mayor escala con un enfoque integral, en particular en los países donde no se cuenta con desarrollos metodológicos. La generación y análisis de información propia de cada país proporcionará mejores elementos para la toma de decisiones informada. Asimismo, la metodología armonizada contribuye al mejoramiento de otras metodologías locales.

Foto. Avance de la desertificación severa por deforestación y cambio de uso de la tierra

Ubicación. Restrepo, Valle del Cauca, Colombia

Autor. Reinaldo Sánchez López



8

Referencias bibliográficas



A

Abraham, E. (2009). Enfoque y evaluación integrada de los problemas de desertificación. *Zonas Áridas - 13(1)*, 9-24.

Abraham, E. M., Montaña, E. y Torres, L. (2006). Procedimiento y marco metodológico para la obtención de indicadores de desertificación en forma participativa. En E. M. Abraham y G. Beekman (Eds.), *Indicadores de la desertificación para América del Sur: Recopilación y armonización de indicadores y puntos de referencia de la desertificación a ser utilizados en el programa "Combate a la Desertificación y Mitigación de los Efectos de la Sequía en América del Sur" (IICA-BID ATN/JF-7905-RG)* (pp. 37-64). Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).

Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA). (2021). *Glosario de términos de licenciamiento ambiental*. https://www.anla.gov.co/01_anla/allcategories-es-es/27-tramites-y-servicios/servicios

Araujo, G. A. (2021). *Colombia: Soil Organic Carbon Sequestration Potential Map – National Report*. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/37103>

B

Burbano, H. (2016). El suelo al servicio de la sociedad y su rol en el contexto de los cambios globales. *Tendencias*, 11(2), 53–62.

C

Cherlet, M. (2018). *World atlas of desertification: Rethinking land degradation and sustainable land management*. Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2760/06292>

Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (CNULD). (1993). *Convención de las Naciones Unidas de lucha contra la desertificación*. CNULD.

Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (CNULD). (2017). *Marco científico conceptual para la neutralidad en la degradación de las tierras: Un reporte de la Interfaz Ciencia-Política de la CLD*. CNULD.

Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (CNULD). (2019). *Creación de un entorno propicio para la neutralidad en la degradación*

de las tierras y su posible contribución a la mejora del bienestar, la subsistencia y el medio ambiente. CNULD.

Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (CNULD). (2023). *Revisión del desempeño y evaluación del sistema de ejecución: Séptimo proceso de presentación de informes*. Informe de Argentina. CNULD.

Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (CNULD). (2023). *UNCCD Data Dashboard*. <https://data.unccd.int>

Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (CNULD). (2024, octubre). *Sustainable Development Goals Indicator 15.3.1*. Land Degradation Data Portal PRAIS4. <https://data.unccd.int/land-degradation>.

E

European Commission. (1999). *The MEDALUS project: Mediterranean desertification and land use. Manual on key indicators of desertification and mapping environmentally sensitive areas to desertification*. Office for Official Publications of the European Communities.

G

Gaitán, J., Navarro, F., Tenti Vüegen, L., Pizarro, M. J., Carfagno, P., y Rigo, S. (2017). *Estimación de la pérdida de suelo por erosión hídrica en la República Argentina*. Ediciones INTA.

Guirado, E. y Martínez-Valderrama, J. (2021). Potencial de la inteligencia artificial para avanzar en el estudio de la desertificación. *Ecosistemas*, 30(3), 2250.

H

Hernández, J. (2022, octubre). Degradación del suelo: esfuerzos para restaurar el suelo echan raíces en América Latina. *Dialogue Earth*. <https://dialogue.earth/es/tag/suelos/>

I

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). (2018-2020). *Coberturas de la tierra*. Centro de Descarga de Información del Ideam. <https://experience.arcgis.com/experience/568ddab184334f6b81a04d2fe9aac262/page/Datos-Abiertos-Geogr%C3%A1ficos/>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). (2019). *Estudio nacional de la degradación de suelos por salinización en Colombia*. Imprenta Nacional de Colombia.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). (2019). *Protocolo de identificación y evaluación de la degradación de suelos por desertificación*. Imprenta Nacional de Colombia.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). (2025). *Estudio nacional de degradación de suelos por desertificación* [Documento en elaboración].

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam), Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) y Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales (U.D.C.A.). (2015). *Estudio nacional de la degradación de suelos por erosión en Colombia*.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) y Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales (U.D.C.A.). (2015). *Protocolo para la identificación y evaluación de la degradación de suelos por erosión*.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam), Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales (U.D.C.A.) y Corporación Autónoma Regional (CAR). (2017). *Protocolo de identificación y evaluación de la degradación de suelos por salinización*.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2017). *Mapa nacional de stock de carbono orgánico de Colombia*. <https://mapas.igac.gov.co/server/rest/services/agrologia/carbonoorganico/MapServer>

Instituto Argentino de Investigaciones de Zonas Áridas (Iadiza). (2019). *Síntesis de resultados de la evaluación de la degradación de tierras: 2012-2017*. A. Therburg et al. (Eds.).

M

Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (Magrama). (2008). *Programa de acción nacional contra la desertificación*.

Marcano, J. E. (2009). *Biomás del mundo*. <https://jmarcano.com/nociones/>

Martínez-Valderrama, J. (2023). An atlas of desertification for Spain. *Agricultural & Rural Studies*, 1, 0012. <https://doi.org/10.59978/ar01020012>

Martínez-Valderrama, J., del Barrio, G., Sanjuán, M., Guirado, E. y Maestre, F. (2022). Desertification in Spain: A sound diagnosis without solutions and new scenarios. *Land*, 11, 272. <https://doi.org/10.3390/land11020272>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2019). *Guía: Herramientas para la lucha contra la desertificación, degradación de tierras y sequías. Orientación para la formulación de programas de acción provinciales*.

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO). (2022). *Estrategia nacional de lucha contra la desertificación*.

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO). (2022). *Inventario nacional de erosión de suelos*.

O

Olsson, L., Barbosa, H., Bhadwal, S., Cowie, A., Delusca, K., Flores-Rentería, D., et al. (2019). *Cambio climático y tierra: Informe especial del IPCC sobre cambio climático, desertificación, degradación de las tierras, gestión sostenible de las tierras, seguridad alimentaria y flujos de gases de efecto invernadero en ecosistemas terrestres*. IPCC.

Organización Meteorológica Mundial y Asociación Mundial para el Agua. (2014). *Directrices de política nacional para la gestión de sequías: Modelo para la adopción de medidas*.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2011). *Land degradation assessment in drylands: Manual for local level assessment of land degradation and sustainable land management (LADA Project)*. FAO.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2015). *Carta mundial de los suelos*. FAO.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2015). *Documento de trabajo de la evaluación de los recursos forestales No. 180. Términos y definiciones*. FAO.

P

Puigdefábregas, J. y del Barrio, G. (2000). *Surmodes: A surveillance system for assessing and monitoring of desertification*. <http://www.eeza.csic.es/surmodes>

R

Reed, M. S., Buenemann, M., Atlhopheng, J., Akhtar-Schuster, M., Bachmann, F., Bastin, G. y Verzandvoort, S. (2011). Cross-scale monitoring and assessment of land degradation and sustainable land management: A methodological framework for knowledge management. *Land Degradation & Development*, 22(2), 261-271.

S

Sánchez López, R. G. (2012). *Programa de monitoreo y seguimiento de la degradación de los suelos del país (PM&SDS)*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).

Sanjuán, M. E. (2014). *Evaluación y seguimiento de la desertificación en España: Mapa de la condición de la tierra 2000-2010*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (Magrama).

Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. (2019). *Programa de acción nacional de lucha contra la desertificación, degradación de tierras y mitigación de la sequía: Actualizado a la meta 2030*.

Soil Survey Staff. (2015). *Illustrated guide to soil taxonomy* (Version 2.0). U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service.

T

Tribunal de Cuentas Europeo. (2018). *La lucha contra la desertificación en la UE: Una amenaza creciente contra la que se debe actuar más intensamente*. Oficina de Publicaciones de la Unión Europea.

U

UNEP. (1992). *World Atlas of Desertification*. Edward Arnold.

W

World Overview of Conservation Approaches and Technologies (Wocat). (2021). *Cuestionario de tecnologías de manejo sostenible de tierras (MST)*. Wocat.

ISBN: 978-958-5489-50-9



9 789585 489509



Este documento es el esfuerzo conjunto de los tres países, Colombia, Argentina y España, donde se compilan y analizan las herramientas metodológicas utilizadas en cada país y se presenta una propuesta metodológica armonizada como referente para mejorar la capacidad técnica de los países en torno a la generación y gestión del conocimiento; la producción de información relevante sobre la degradación de los suelos y la desertificación; la identificación de medidas para prevenir, revertir y neutralizar la degradación de los suelos y la desertificación; y la respuesta a los nuevos desafíos resultantes de la pandemia, la variabilidad, el cambio climático y la degradación de la tierra.

