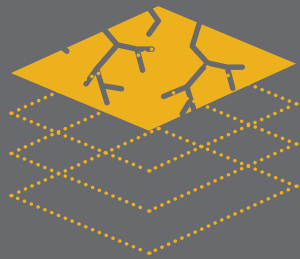




PROTOCOLO

PARA LA IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN
DE LA DEGRADACIÓN DE SUELOS POR
DESERTIFICACIÓN

IDEAM



IVÁN DUQUE MÁRQUEZ

Presidente de la República de Colombia

RICARDO JOSÉ LOZANO PICÓN

Ministro de Ambiente y Desarrollo Sostenible

MARÍA CLAUDIA GARCÍA DÁVILA

Viceministra de Políticas y Normalización Ambiental

ROBERTO MARIO ESMERAL BERRÍO

Viceministro de Ordenamiento Ambiental del Territorio

Consejo Directivo del Ideam

Ricardo José Lozano Picón

Ministro de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Ángela María Orozco Gómez

Ministra de Transporte

Gloria Amparo Alonso Másmele

Directora del Departamento Nacional de Planeación

Juan Daniel Oviedo Arango

Director del Departamento Administrativo Nacional de Estadística

Juan Pablo Ruiz Soto

Delegado de Presidencia de la República

Ramón Leal Leal

Director Ejecutivo de la Asociación de Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible

Diego Fernando Hernández Losada

Director General del Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (Colciencias)

Gilberto Galvis Bautista

Secretario Técnico del Consejo

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales

Yolanda González Hernández

Directora General

Ana Celia Salinas Martín

Subdirectora de Ecosistemas e Información Ambiental

Diana Marcela Vargas Galvis

Subdirectora de Estudios Ambientales

Nelson Omar Vargas Martínez

Subdirector de Hidrología

Eliécer David Díaz Almanza

Subdirector de Meteorología

Mery Esperanza Fernández Porras

Jefe de Oficina del Servicio de Pronósticos y Alertas

Telly de Jesús Month Parra

Jefe de Oficina Asesora de Planeación

Leonardo Cárdenas Chitiva

Jefe de Oficina de Informática

Gilberto Antonio Ramos Suárez

Jefe de Oficina Asesora Jurídica

María Eugenia Patiño Jurado

Jefe de Oficina Control Interno

Andrés Echavarría Palomares

Jefe de Oficina Cooperación Internacional

Juan Fernando Casas Vargas

Jefe de Grupo de Comunicaciones y Prensa

© Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales

¡La nación que destruye su suelo se destruye a sí misma!

Franklin D. Roosevelt

ISBN: 978-958-5489-15-8

AUTORES

Reinaldo Sánchez López
Javier Otero García
Fredy Hernando Neira Méndez
María Angélica Fernández García
Daniel Gama Beltrán
Paula Milena Hernández Marroquín

COORDINACIÓN Y SUPERVISIÓN

Reinaldo Sánchez López
Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental
Coordinador Grupo de Suelos y Tierras
IDEAM

EDITORES

Reinaldo Sánchez López
Javier Otero García
María Angélica Fernández

CARTOGRAFÍA

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales

DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN

Imprenta Nacional de Colombia

ARCHIVO FOTOGRÁFICO

Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental.
Grupo de Suelos y Tierras. IDEAM

ILUSTRACIONES

Camilo Andrés Sánchez Ramos

FOTO CARÁTULA

Villa de Leiva, Boyacá / 2014 / María Angélica Fernández

Cítese como: Ideam (2019). Protocolo para la identificación y evaluación de la degradación de suelos por desertificación. Bogotá: Ideam: 212 pp. Versión 1.0

**Publicación aprobada por:
Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
Diciembre de 2019, Bogotá, D. C., Colombia**

Distribución gratuita

Todos los derechos reservados. Los textos pueden ser usados parcial o totalmente citando la fuente. Su reproducción total o parcial debe ser autorizada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales















Impresión

Imprenta Nacional de Colombia, 2019



AGRADECIMIENTOS

La Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental del Ideam agradece a las siguientes entidades y personas por los aportes realizados en la construcción de este Protocolo:

	Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia)	María Margarita Ramírez Gómez Martha Marina Bolaños Benavides	
	Ministerio de Relaciones Exteriores	Carolina Díaz Acosta Laura Juliana Arciniegas Rojas Ana María Rivero Santos	
	Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR)	César Clavijo Ríos John Eduard Rojas Rojas Sulma Alexandra Gómez Bello Esteban López Téllez	Raúl Ernesto Torres Osma Jairo Arnulfo Ríos Salcedo Mónica Dayana Triana Villalba Jorge Armando Lemus Sandoval Holman Villamil Rubio
	Corporación Autónoma Regional del Atlántico (CRA)	Alberto Escolar Vega Liliana Zapata Garrido Aldemar Muñoz Méndez Jean Castañez Niebles	
	Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano (UJTL)	Luis Alejandro Arias Rodríguez María Camila Gómez Bonilla	
	Gobernación del Atlántico	Eduardo Ignacio Verano de la Rosa Anatolio Santos Olaya Cecilia María Arango Rojas Edith Peña Sandoval	Camilo Pineda Juan Carlos Otero Diana María Solano Martín Atencio García
	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam)	Yolanda González Hernández Juan Fernando Casas Vargas Andrés Echavarría Palomares Liz Johanna Díaz Cubillos Jorge Luis Ceballos Liévano Nidia Cristina Mayorga Ulloa Nubia Traslaviña Saavedra	Yohana Yaqueline Rojas Martha Patricia León Poveda Luis Eduardo Vásquez Salamanca María Camila Hernández Garcés Claudia Patricia Andramunio María Juliana Salcedo Hernández
	Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC)	Guillermo López Pérez Napoleón Ordóñez Delgado Janeth González Nivia	
	Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt	Hernando García Martínez Johanna Paola Isaacs Cubides Juan Camilo Garibello Peña	
	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Édgar Emilio Rodríguez Bastidas Olga Lucía Ospina Arango Yaisa Lorena Bejarano Córdoba	Adriana Zambrano Mónica Rocío Adarme Manosalva
	Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural	Tatiana Escobar Fadul Mónica Adarme Manosalva	
	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) Colombia	Alan Jorge Bojanic Carolina Olivera Sánchez	
	Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA)	Daniel Alberto Aguilar Corrales Luis Alberto Rosas Acosta Luis Eduardo García Castellanos Luz Marina Arévalo Sánchez	
	Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales (U.D.C.A.)	Germán Anzola Montero José Alejandro Salamanca García Blanca Imelda Montañez Orozco	
	Profesionales independientes	Inés Toro Suárez Carlos Eduardo Gómez Sánchez Álvaro Enrique Castañeda Torres Edith González Afanador Fabio Garavito Neira	

SIGLAS

AEMA:	Agencia Europea del Medio Ambiente
Agrosavia:	Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria
AMS:	Alianza Mundial por el Suelo
CAR:	Corporaciones Autónomas Regionales
CARMAC:	Consejos Ambientales Regionales de las Macrocuencas
Cazalac:	Centro Regional del Agua para Zonas Áridas y Semiáridas de América latina y del Caribe
CBD:	Convención para la Biodiversidad
CE:	Conductividad Eléctrica
COMLAND:	Comisión internacional en degradación de suelos y tierras
COP:	Conferencia de las Partes de la UNCCD
Corpoboyacá:	Corporación Autónoma Regional de Boyacá
Corpocesar:	Corporación Autónoma Regional del Cesar
Corpoica:	Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria
Cortolima:	Corporación Autónoma Regional del Tolima
COS:	Carbono Orgánico de Suelos
CRA:	Corporación Autónoma Regional del Atlántico
CVC:	Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca
FAO:	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
FPEIR:	Modelo de Fuerzas motrices, Presiones, Estado, Impacto, Respuestas
GLASOD:	Global Assessment of Human-induced Soil Degradation
GSP:	Global Soil Partnership
IAvH:	Instituto de Investigación en Recursos Biológicos Alexander von Humboldt
ICA:	Instituto Colombiano Agropecuario
Ideam:	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
IGAC:	Instituto Geográfico Agustín Codazzi
INAT:	Instituto Nacional de Adecuación de Tierras
INCORA:	Instituto Colombiano de la Reforma Agraria
INDERENA:	Instituto Nacional de Recursos Naturales Renovables
IPBES:	Plataforma Intergubernamental Científico-Política de la Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos
IPCC:	Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático
ITPS:	Intergovernmental Technical Panel on Soils
HIMAT:	Instituto de Hidrología y Meteorología y Adecuación de Tierras
LACS:	Alianza latinoamericana y del Caribe por el Suelo
LADA:	Land Degradation Assessment
MADR:	Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural
MADS:	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
MEA:	Millennium Ecosystem Assessment. Evaluación de los Ecosistemas del Milenio
Minagricultura:	Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural
Minambiente:	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
MST:	Manejo Sostenible de Tierras
NDT:	Neutralidad en la Degradación de las Tierras
NDVI:	Índice de vegetación diferencial normalizado
NEPAD:	Nueva Alianza para el Desarrollo del África
OCDE:	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
ODS:	Objetivos de Desarrollo Sostenible
ONG:	Organización No Gubernamental
ONU:	Organización de las Naciones Unidas
PACD:	Plan de Acción para Combatir la Desertificación
PAN:	Plan Nacional de Lucha contra la Desertificación y la Sequía
PGSS:	Política para la Gestión Sostenible del Suelo
pH:	Reacción del suelo
PMgl:	Porcentaje de magnesio intercambiable

PM&SDS:	Programa de Monitoreo y Seguimiento a la Degradación de Suelos
PND:	Plan Nacional de Desarrollo
PNN:	Parques Nacionales Naturales
PNR:	Plan Nacional de Restauración
PNUMA:	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
Pomca:	Planes de Ordenamiento y Manejo de Cuencas Hidrográficas
POT:	Plan de Ordenamiento Territorial
PSI:	Porcentaje de Sodio Intercambiable
Ramsar:	Convención de Humedales
RAS:	Rata de Absorción de Sodio
SB:	Saturación de Bases
SIAC:	Sistema de Información Ambiental para Colombia
SINA:	Sistema Nacional Ambiental
SINAP:	Sistema Nacional de Áreas Protegidas
SSS:	Soil Survey Staff
UNCCD:	Convención de las Naciones Unidas para la Lucha contra la Desertificación y la Sequía
UNEP:	United Nations Environmental Programme
UNESCO:	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
UNFCCC:	Convención Marco de las Naciones Unidas Contra el Cambio Climático
UPRA:	Unidad de Planificación Rural Agropecuaria
USDA:	United States Department of Agriculture
WOCAT:	World Overview of Conservation Approach Techniques
WRI:	World Resources Institute

PRÓLOGO

Colombia ha contemplado por muchas décadas los territorios de Villa de Leyva, Tatacoa, la alta Guajira, Ábrego, Estoraques, Patía, entre otros, desde la perspectiva turística y paisajística. Sin embargo, estas zonas son el reflejo y la alerta de los efectos de la naturaleza acentuada por las actividades del ser humano que han conducido a la más alta degradación de estos ecosistemas y, por tanto, a la destrucción de la vegetación, la fauna y, naturalmente, de los suelos, llegando a ser totalmente improductivos con y su consecuente pobreza y, desplazamiento, de la población.

La mayor parte de estas zonas, aunque tiene unas condiciones secas, no eran así como las vemos hoy en día; estaban cubiertas de vegetación y los suelos cumplían funciones y servicios fundamentales para la población y la humanidad, en cuanto a la regulación hídrica, la captura de carbono y la provisión de alimentos y fibras. Los procesos de degradación debidos a los cambios de la cobertura vegetal, el uso inadecuado de los suelos generantes de la erosión, compactación y salinización han conducido poco a poco a zonas denominadas “desérticas”, que técnicamente se define como desertificación.

La desertificación es un problema mundial que ha tocado también a Colombia. Un poco más del 25% del territorio continental del país se encuentra en zonas secas y áridas y, según el mapa de ecosistemas (Ideam, 2017) son las que transportan cobertura vegetal más alta. Los procesos de degradación en estos territorios se han acentuado en los últimos 50 años y, por su fragilidad, pueden llegar a ser irreversibles.

El Ideam tiene por función realizar el monitoreo del estado actual de los recursos naturales y específicamente ha tomado el liderazgo para realizarlo en la degradación de los suelos y adelantar la línea base de los diferentes procesos de degradación. En ese sentido, ha desarrollado los protocolos de degradación de suelos por erosión y salinización con el apoyo de la institucionalidad y la academia; de igual manera, ha desarrollado estudios nacionales de estos mismos procesos, ofreciendo al país información relevante, no solamente, sobre el estado actual de los suelos, sino también de sus principales causas y consecuencias.

Ahora es tiempo que se emprendan los estudios necesarios para conocer y entender el proceso de degradación de suelos por desertificación, o sea la degradación en las zonas áridas, secas y subhúmedas secas del país, debido a alta fragilidad de



estos ecosistemas. Así, el Ideam presenta al país la actualización del *Protocolo de identificación y evaluación de la degradación de suelos por desertificación*, que incluye los métodos e instrumentos para elaborar la zonificación de línea base y realizar los análisis sobre las presiones (causas) y los impactos (consecuencias), definir los principales indicadores para tomar decisiones sobre el manejo y uso sostenible de estas zonas. El protocolo incluye las metodologías a nivel nacional, regional y local, soportadas en un marco de referencia y conceptual sólido, y concluye con las recomendaciones para su implementación y los lineamientos sobre las acciones a tomar según el estado actual de degradación de los suelos por desertificación.

Se espera que el protocolo sea el referente técnico para orientar el monitoreo y seguimiento de la degradación de los suelos por desertificación a nivel nacional, regional y local, en el marco de la implementación de la Política para la Gestión Sostenible del suelo en Colombia.

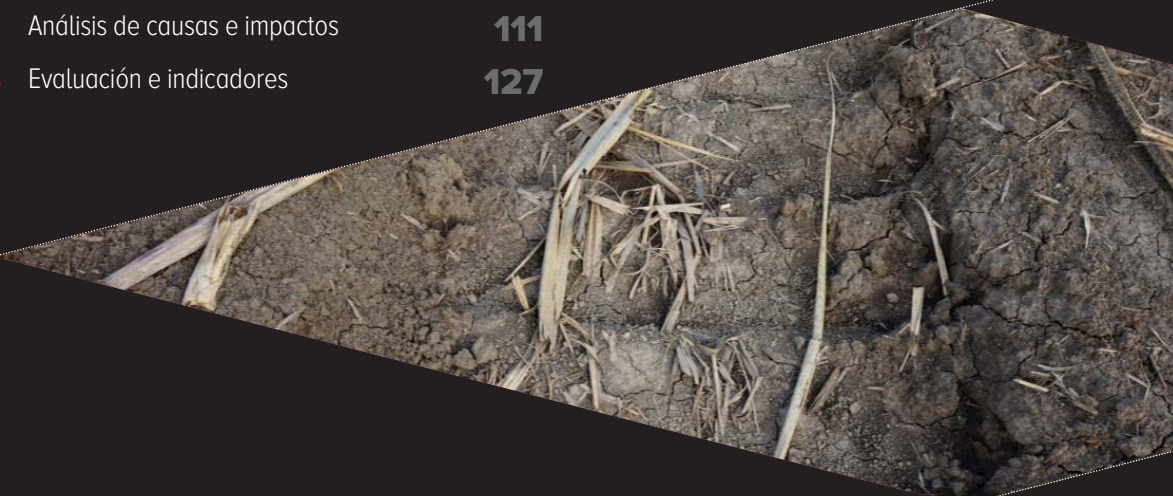


A. Contexto general

1.	Introducción	17
2.	Antecedentes y contexto internacional y normativo	21
3.	Alcance	51
4.	Objetivos	55
5.	Marco de referencia	57

B. Metodología a nivel nacional y regional

1.	Estructura metodológica	73
2.	Zonificación	79
3.	Análisis de causas e impactos	111
4.	Evaluación e indicadores	127



C. Metodología local

1. Zonificación de metodología **141**
2. Análisis de causas e impactos **155**
3. Evaluación e indicadores **167**



D. Recomendaciones y lineamientos

1. Recomendaciones para la planificación e implementación del protocolo **175**
2. Recomendaciones y lineamientos para el monitoreo y el seguimiento de la degradación de suelos por desertificación **187**
3. Lineamientos para el control y manejo de la desertificación **193**



E. Referencias bibliográficas **205**

A. Contexto general

1.	Introducción	17
2.	Antecedentes y contexto internacional y normativo	21
2.1	Política para la gestión sostenible de suelos	21
2.2	Programa de monitoreo y seguimiento de la degradación de los suelos del país	22
2.3	Plan nacional de lucha contra la desertificación y la sequía para Colombia (PAN)	22
2.4	Contexto internacional	24
2.5	Contexto institucional y normativo	33
2.6	Iniciativas o estrategias para combatir la desertificación	42
3.	Alcance	51
3.1	¿Para quién es el protocolo?	52
3.2	¿Quiénes ejecutarán y supervisarán la implementación del protocolo?	52
4.	Objetivos	55
5.	Marco de referencia	57
5.1	Marco conceptual	57
5.2	Marco de referencia metodológico	66



Guatavita, Cundinamarca.

PROTOCOLO PARA LA IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE SUELOS POR DESERTIFICACIÓN



1. INTRODUCCIÓN

El Ideam es una institución pública de apoyo técnico y científico al Sistema Nacional Ambiental, que genera conocimiento, produce información confiable, consistente y oportuna, sobre el estado y las dinámicas de los recursos naturales y del medio ambiente, que facilite la definición y ajustes de las políticas ambientales y la toma de decisiones. Uno de los objetivos misionales es realizar el monitoreo y seguimiento del estado de los recursos naturales renovables, entre ellos, el estado de los suelos.

Son muchos los procesos que afectan el estado de la calidad de los suelos, entre otros, la desertificación, la cual se define como “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, debido 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”. Este fenómeno ha sido catalogado por las Naciones Unidas como uno de los problemas más importantes a nivel mundial que pone en riesgo la humanidad.

En esta oportunidad, el Ideam presenta al país la actualización del Protocolo para Identificación y Evaluación de los Procesos de Degradación de Suelos por Desertificación, el cual contiene los elementos necesarios para el estudio de la línea base y las directrices para el monitoreo y seguimiento de degradación de suelos por desertificación en los ámbitos nacional, regional y local. Está estructurado en tres grandes secciones: i) Introducción y contexto general, ii) metodología, métodos y técnicas específicas y iii) la última parte destinada a las recomendaciones para el monitoreo y seguimiento y los lineamientos para la prevención, mitigación y control de estos procesos.

El contexto general presenta un estado del arte del conocimiento de la desertificación en el ámbito global y nacional, define el alcance y los objetivos del protocolo, desarrolla el marco conceptual y establece el concepto adoptado de desertificación para el desarrollo metodológico. De igual manera, presenta el marco de referencia basado en el modelo Fuerzas Motrices-Presiones-Estado-Impactos-Respuesta, (FPEIR), que ha sido utilizado con éxito en los protocolos de identificación y valuación de los procesos de degradación de suelos por erosión y salinización, el cual conduce a las distintas fases metodológicas y las variables para los indicadores de la desertificación.

La metodología está estructurada por fases, etapas y actividades. Se desarrollan tres fases fundamentales: zonificación, análisis de causas e impactos y evaluación e indicadores. La fase de zonificación se estructura en cuatro etapas: elaboración de la zonificación preliminar, actividades preparativas de campo, trabajos de campo y la ge-

neración de la zonificación final (post campo). La fase de análisis de causas e impactos contiene cuatro etapas: identificación y selección de las variables, preparación de campo, trabajos de campo que consisten en la verificación de información y captura de datos primarios por medio de encuestas y talleres. Finalmente, la etapa de post campo identifica las principales causas directas e indirectas, las consecuencias sociales, económicas y ecológicas que genera la degradación de suelos por desertificación. La última fase orienta, cómo realizar la evaluación del estado actual de la degradación por medio de la generación de indicadores relacionados con unidades de análisis espacial y finalmente la propuesta para seleccionar los indicadores de causas, impactos y respuestas al proceso de desertificación.

Por último, el documento desarrolla las recomendaciones para la implementación del protocolo que incluye los materiales, equipos, personal y costos estimados, además los lineamientos para elaborar el monitoreo y seguimiento en el tiempo y el espacio y los lineamientos para el control, manejo y prevención de los procesos de degradación de suelos por desertificación.

El Protocolo se encuentra dirigido a los diferentes centros de investigación, a las autoridades ambientales, a la academia y a la sociedad en general interesados en la gestión integral de los procesos de degradación de suelos por desertificación.

El Protocolo se concibe como el referente técnico oficial para orientar el monitoreo y seguimiento de la degradación de suelos por desertificación mediante la identificación y evaluación periódica del estado actual de la degradación de los suelos por desertificación en el ámbito nacional, regional y local.

En la construcción del presente documento participaron entidades del sector ambiental (SINA) y del sector agropecuario (Minagricultura, UPRA, Agrosavia), IGAC y otras instituciones como la FAO, por medio de talleres y reuniones técnicas con aportes conceptuales, metodológicos y de experiencias con otros proyectos. La metodología fue probada y validada en dos zonas o ventanas de interés: una en Cundinamarca con el apoyo de la CAR y otra en el departamento del Atlántico con el apoyo de la Gobernación del departamento.





2. ANTECEDENTES Y CONTEXTO INTERNACIONAL Y NORMATIVO

2.1 Política para la gestión sostenible de suelos

Los suelos constituyen un componente fundamental del ambiente, que cumple múltiples funciones para el bienestar humano y las relaciones sociales; su uso inadecuado ha generado procesos fuertes de degradación que conducen a la disminución de la productividad y la afectación de sus servicios. En ese sentido, se ha formulado la Política Nacional para la Gestión Sostenible del Suelo (PGSS, Minambiente, 2015), que busca promover el manejo sostenible de los suelos en Colombia, en un contexto integral en el que confluyan la conservación de la biodiversidad, el agua y el aire, el ordenamiento del territorio y la gestión de riesgo. Este instrumento fue aprobado por el Consejo Nacional Ambiental, el 13 de agosto de 2015.

Para la implementación de esta política se propone la puesta en marcha de un plan de acción que incluye el desarrollo de 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** está relacionada con el monitoreo y seguimiento a la calidad de los suelos, cuyo objetivo fundamental es desarrollar los mecanismos y acciones que permitan implementar programas para evitar y mitigar los efectos de la degradación del suelo en Colombia. Con esta estrategia se propone la formulación y puesta en marcha de un programa de monitoreo y seguimiento que involucre la generación de acuerdos o espacios interinstitucionales y el fortalecimiento de la capacidad institucional. Esta línea propone la formulación de protocolos, metodologías e indicadores que consoliden y complementan los avances adelantados a la fecha.

2.2 Programa de monitoreo y seguimiento de la degradación de los suelos del país

De forma paralela a la construcción de la PGSS, 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 el año 2012. El programa establece seis componentes estructurales para su implementación (Sánchez López & Gómez Sánchez, 2012):

- 1 La (re)organización Institucional.
- 2 Un sistema de información para el seguimiento a la degradación de los suelos, articulado al SIAC.
- 3 El fortalecimiento institucional.
- 4 El avance en el conocimiento e investigación en los procesos de degradación de suelos y tierras en Colombia,
- 5 La socialización, sensibilización y educación sobre los procesos de degradación, el monitoreo y seguimiento, sus causas, consecuencias y sobre los planes de manejo y restauración; y
- 6 La financiación y cooperación para el mantenimiento del programa de monitoreo y seguimiento de la degradación de suelos y tierras.

El componente estratégico 4 se relaciona con el conocimiento e investigación en los procesos de degradación de suelos y tierras en Colombia. Los productos definidos para este componente conducen a la elaboración de mecanismos que permitan conocer el 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 de los suelos del país. Para ello se definió la meta de generar la línea base actual de degradación de suelos y tierras a nivel nacional y regional (ver figura 1).



El Ideam, en asociación con el IGAC y el Minambiente, desarrolló los mecanismos para la implementación de este programa a través de la elaboración de los protocolos (primera versión) para la identificación y evaluación de la degradación de suelos y tierras por erosión, salinización y desertificación (IGAC, Ideam, MAVDT, 2010).

A partir de estos protocolos se realizó la línea base de degradación de suelos por erosión a nivel nacional, escala 1:100.000 y la actualización y publicación de su protocolo (Ideam, UDCA, 2015). De igual manera, se realizó la línea base de degradación de suelos por salinización a nivel nacional, un ejercicio a nivel regional y local, y la actualización y publicación del Protocolo de identificación y evaluación de la degradación de suelos por salinización (Ideam, CAR, UDCA, 2017).

El PM&SDS es un referente técnico para la actualización del presente Protocolo para la Identificación y Evaluación de la Degradación de Suelos por Desertificación.

2.3 Plan nacional de lucha contra la desertificación y la sequía para Colombia (PAN)

Colombia es parte de la UNCCD desde el 8 de septiembre de 1999. Esto demuestra la preocupación que ante el proceso de la desertificación se presenta en el ámbito mundial. La esencia de la UNCCD es el compromiso que contraen los países afectados para preparar y ejecutar planes de acción nacionales (PAN), destinados a prevenir la degradación de las tierras, lu-

char contra la desertificación y mitigar los efectos de la sequía, especialmente en las zonas secas (áridas, semiáridas y subhúmedas secas).

Con la finalidad de contribuir a la reducción de los procesos de degradación de tierras por desertificación en el año 2005, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, con el apoyo del Sistema Nacional Ambiental de Colombia (SINA), gremios y sociedad civil, formuló el “Plan de acción nacional de lucha contra la desertificación y la sequía (PAN)”, el cual contribuye en la prevención, mitigación, corrección o compensación de los factores causantes de la desertificación y sequía, de manera articulada con las instancias nacionales e internacionales. El PAN tiene una visión ecosistémica que garantiza la gestión integrada y sostenible de la tierra, el agua, los recursos vivos y ecosistemas considerando los factores ecológicos, económicos, culturales y sociales del país.

Este plan tiene como objetivo principal adelantar acciones contra la degradación de tierras, desertificación y mitigación de los efectos de la sequía, así como para el manejo sostenible de los ecosistemas de las zonas secas, a partir de la aplicación de medidas prácticas que permitan prevenir, detener y revertir dichos procesos de degradación y contribuir al desarrollo sostenible de las zonas afectadas (MAVDT, 2005).

El Ideam ha jugado un papel fundamental en la construcción del PAN con aportes sobre los análisis climáticos, la definición inicial de las zonas secas y la definición de variables fundamentales para la evaluación de la desertificación en el país.

De acuerdo a la definición adoptada en el PAN, la desertificación es la última etapa del proceso de degradación de las tierras debido a su mal manejo. La degradación se inicia con la reducción de la productividad y termina con la pérdida total del suelo; cuando esto sucede, la desertificación es prácticamente irreversible.



Figura 1. Política para la gestión sostenible del suelo y el Programa para el Monitoreo y Seguimiento de la degradación de las tierras en Colombia. Fuente: Ideam, 2019

Diversos elementos han contribuido a la rápida pérdida y degradación de los ecosistemas secos en el país: la deforestación, minería, ganadería de pastoreo en ladera, desarrollo urbano, extracción y comercio de fauna y flora, sistemas de producción inadecuados, uso inadecuado de fuentes de agua superficial y subterránea, quemas indiscriminadas y cultivos ilícitos. Estos factores han producido procesos como erosión, compactación, lixiviación de nutrientes, contaminación y salinización. Todo lo anterior dentro de una visión limitada, sin hacer un balance a largo plazo de los efectos sobre el ecosistema, aun cuando se conoce de antemano la baja tasa de recuperación de estos. (MAVDT, 2005)

La visión del PAN contempla que al 2020 Colombia habrá avanzado en la implementación de estrategias, políticas, programas, acciones y mecanismos regionales y nacionales para la prevención, corrección, restauración, recuperación o detención de los procesos de degradación de tierras, desertificación y mitigación de la sequía, especialmente en las zonas secas, mediante estudios científicos y tecnológicos, sensibilización del público, promoción y movilización de recursos, de manera articulada con las instancias internacionales, nacionales, regionales y locales, teniendo en cuenta una visión ecosistémica que garantice la gestión integrada y sostenible del suelo, el agua, los recursos vivos y ecosistemas, considerando los factores ecológicos, socioeconómicos y culturales del país. (MAVDT, 2005)

2.4 Contexto internacional

La comunidad internacional ha reconocido hace tiempo que la degradación de las tierras es un importante problema económico, social y ambiental que preocupa a muchos países en todas las regiones del mundo. De cara a la problemática de la degradación de suelos a nivel mundial, en el plano internacional

sobresalen en particular tres convenciones internacionales que contribuyen a través de sus metas a la mitigación y conservación de los suelos: y todos esfuerzos particulares.

2.4.1 Convención de lucha contra la desertificación y la sequía

En el marco de la Cumbre para la Tierra de Río de Janeiro, realizada en 1992, se acordó la creación de tres tratados internacionales jurídicamente vinculantes, entre los cuales se encuentra la Convención de las Naciones Unidas de Lucha Contra la Desertificación y la Sequía (UNCCD, por sus siglas en inglés), la cual fue adoptada en París el 17 de junio de 1994.

Colombia ratificó su adhesión a la UNCCD mediante la Ley 461 del 4 de agosto de 1998, y entró a ser parte de ella a partir del 8 de septiembre de 1999. La UNCCD es el único acuerdo internacional jurídicamente vinculante que incorpora el medio ambiente y el desarrollo con la gestión sostenible de la tierra. La convención tiene su ámbito de trabajo específicamente en las áreas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, conocidas como las tierras o zonas secas, donde se encuentran algunos de los ecosistemas y pueblos más vulnerables.

Recientemente, en la COP13 de la UNCCD, que tuvo lugar en septiembre de 2017 en Ordos, China, los países socios acordaron una nueva hoja de ruta mundial para abordar la degradación de las tierras. El nuevo Marco Estratégico 2018-2030 es el compromiso global más integral para lograr la neutralidad de la degradación de las tierras (NDT) con el fin de restablecer la productividad de vastas extensiones de tierra degradada, mejorar los medios de vida de más de 1.300 millones de personas y reducir los impactos de sequía en poblaciones vulnerables, para construir un futuro que evite, minimice y revierta la desertificación y degradación de las tierras y mitigue los efectos de la sequía en las

áreas afectadas en todos los niveles para lograr un mundo neutral a la degradación de las tierras compatible con la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible.

La UNCCD ha generado una nueva iniciativa denominada Neutralidad en la Degradación de las Tierras (NDT), cuya finalidad es detener la actual pérdida de tierra fértil a causa de la degradación de las tierras. La NDT establece un objetivo para combatir la degradación de las tierras, promoviendo una estrategia de dos vías con medidas para evitar o reducir la degradación de las tierras, combinadas con otras para revertir la degradación del pasado. La finalidad es que las pérdidas se equilibren con ganancias para conseguir así un estado sin pérdida neta de tierra fértil y productiva.

El marco conceptual de la NDT es aplicable a todos los tipos de degradación de tierra, incluida la salinización de los suelos (que afecta la productividad primaria), cambios negativos en cobertura de la tierra y el contenido de carbono en los suelos debido a la reducción de funciones y servicios ecosistémicos de los suelos.



El programa NDT evaluará para el año 2030 cambios en indicadores de degradación de tierra, por lo que el monitoreo y seguimiento a la desertificación permitirá no solo conocer su estado y dinámica, sino además tomar acciones para el manejo, mitigación y recuperación de suelos degradados por este proceso, de modo que este programa pueda ser utilizado por los países acorde con sus circunstancias individuales.



El Ideam ha jugado un papel fundamental en la construcción del PAN con aportes sobre los análisis climáticos, la definición inicial de las zonas secas y la definición de variables fundamentales para la evaluación de la desertificación en el país.

Establecer objetivos nacionales para la NDT es voluntario. Los países son invitados a hacerlo de acuerdo a sus circunstancias nacionales específicas y prioridades en materia de desarrollo.

2.4.2 Convención Marco de Cambio Climático

La Convención Marco sobre el Cambio Climático (UNFCCC, por sus siglas en inglés) fue aprobada en mayo de 1992 y entró en vigor el 21 de marzo de 1994. Establece una estructura general para aunar esfuerzos intergubernamentales encaminados a resolver el desafío de estos cambios y reconoce que el sistema climático es un recurso compartido cuya estabilidad puede verse afectada por actividades industriales y de otro tipo que emiten dióxido de carbono y otros gases que retienen el calor. Su objetivo principal es “lograr la estabilización de la concentración de gases efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible. Ese nivel debería lograrse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible” (UNFCCC, 2019)

En Colombia se aprobó la adhesión a esta convención por medio de la Ley 164 del 27 de octubre de 1994 y fue ratificada por el Gobierno mediante el Decreto 2081 del 20 de noviembre de 2005. En 2003 se formuló el Conpes 3242, relacionado con la estrategia nacional para la venta

de servicios ambientales de mitigación del cambio climático, y se generaron los lineamientos esenciales para la introducción de los proyectos de mecanismos de desarrollo limpio. (Tomado de Minambiente)

Según la UNFCCC, “los países con zonas áridas y semiáridas, o zonas expuestas a inundaciones, sequía y desertificación son particularmente vulnerables a los efectos adversos del cambio climático”. (UNFCCC, 1992) Los científicos todavía no pueden predecir en qué medida el creciente nivel atmosférico de los gases de efecto invernadero afectará el ritmo mundial de desertificación. De lo que sí están seguros es de que los cambios en la temperatura, la evaporación y el régimen de precipitaciones variarán de una región a otra y como resultado de ello, la desertificación puede agravarse en algunas regiones críticas y disminuir en otras.



La degradación de tierras neutraliza la capacidad de los suelos de servir como sumidero del carbono, con lo cual se libera el carbono almacenado hacia la atmósfera. La quema de biomasa incrementa las emisiones de carbono hacia la atmósfera y ocasiona el calentamiento de la Tierra.

Las repercusiones del cambio climático causarán efectos perjudiciales en el agua, los alimentos, la diversidad biológica y otros recursos útiles para el hombre, así como en las actividades socioeconómicas (IPCC, 2019).

2.4.3 Convenio sobre la Diversidad Biológica

El Convenio sobre la Diversidad Biológica (CBD, por sus siglas en inglés) fue formu-

lado el 5 de junio de 1992 en Río de Janeiro como una herramienta práctica que busca traducir los principios de la Agenda 21. Este convenio reconoce dentro de la diversidad biológica –además de las plantas, los animales, los organismos y los ecosistemas– a las personas, las comunidades, la seguridad alimentaria, la salud, la calidad de los recursos y el ambiente limpio. Colombia se vinculó al CBD por medio de la Ley 165 de 1994 con el objetivo de promover el desarrollo sostenible.

Colombia es el segundo país más rico en biodiversidad en el mundo después de Brasil. Ocupa el primer lugar en especies de aves, el segundo respecto a anfibios y el tercero en primates, reptiles e insectos como las mariposas. Sin embargo, los procesos de desarrollo no han incorporado la variable ambiental de manera clara y explícita, lo que ha llevado a procesos rápidos de deterioro de nuestra base natural. Estas pérdidas ocurren en todos los ecosistemas, desde las zonas costeras hasta las zonas de alta montaña (Minambiente, 2019).

La CBD reconoce la importancia de la diversidad biológica para la evolución y la vida de la biosfera, así como sus valores ecológicos, económicos, científicos y culturales, entre otros, y señala el hecho de la pérdida de la biodiversidad como resultado de ciertas actividades humanas y el interés de la humanidad en la conservación de esta.

Al respecto, en la IV Reunión del Subsidiary Body on Scientific, Technical and Technological Advice (SBSTTA) de la CDB se preparó conjuntamente con la Convención de Lucha Contra la Desertificación (UNCCO) el “Programa de trabajo sobre diversidad biológica de zonas secas y subhúmedas”. Como resultado de las discusiones de la V Conferencia de las Partes V (COP5) de la CDB, se aprobó el mencionado programa de trabajo.

El programa tiene como objetivo operacional “Reunir y analizar la información sobre la situación de la diversidad

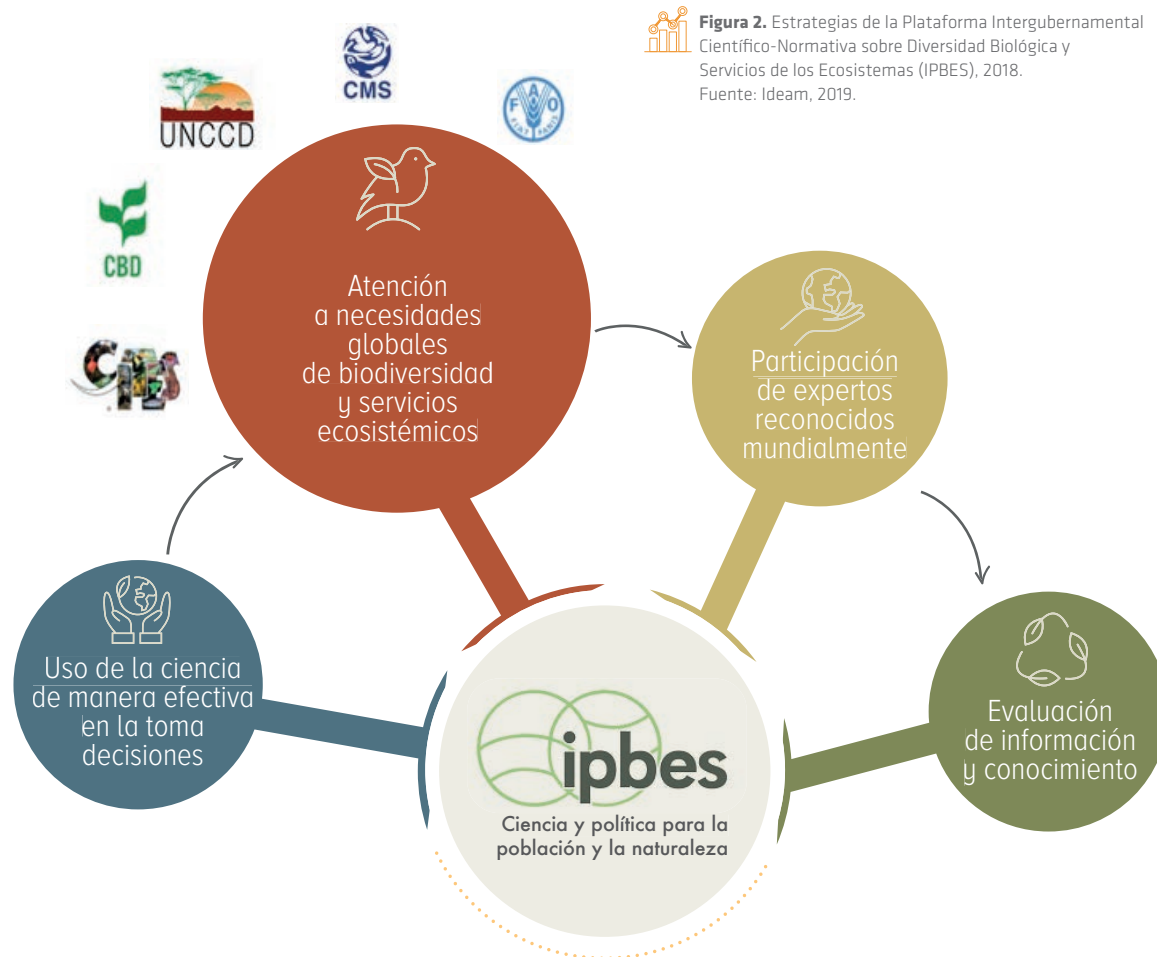


Figura 2. Estrategias de la Plataforma Intergubernamental Científico-Normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas (IPBES), 2018. Fuente: Ideam, 2019.

biológica de las zonas secas y subhúmedas y acerca de las presiones que se ejercen sobre éstas, para divulgar los conocimientos existentes y las prácticas óptimas y para llenar lagunas en los conocimientos, a fin de determinar las actividades apropiadas”.

El uso del suelo y el cambio de uso del suelo son patrones y prácticas que afectan la conservación y uso sostenible de la biodiversidad en ecosistemas secos y semihúmedos. Otras causas que aceleran la pérdida de biodiversidad son aquellas derivadas de la exacerbación de las características de las especies exóticas invasoras, que pueden afectar ecosistemas frágiles y vulnerables, incluidos los ecosistemas de montaña, tan definitivos en los procesos de erosión y aumento de los períodos de sequía en Colombia (Tomado de <https://cdb.int>).

2.4.4 Plataforma Intergubernamental Científico-Normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas (IPBES)

La IPBES es un **órgano intergubernamental independiente que busca fortalecer la interfaz científico-normativa** entre la diversidad biológica y los servicios de los ecosistemas para la conservación y utilización sostenible de la diversidad biológica, el bienestar de los seres humanos a largo plazo y el desarrollo sostenible (ver figura 2).

Su objetivo es establecer un puente entre la ciencia y la formulación de las políticas públicas, de tal manera que los tomadores de decisiones cuenten con elementos científicos que contribuyan a

que la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad sean considerados e incluidos en los sistemas normativos (IPBES, 2018).

La IPBES provee de conocimiento relevante sobre biodiversidad y servicios ecosistémicos para la formulación de políticas públicas y la toma de decisiones bien informada a gobiernos, academia y otros organismos internacionales, promoviendo así sinergias y complementariedad.

Una de sus características principales es que en sus evaluaciones de información y conocimiento participan expertos reconocidos mundialmente, tanto académicos y científicos como funcionarios de gobierno, representantes de organizaciones de la sociedad civil, comunidades locales y pueblos indígenas, promoviendo así una visión más integral de conocimiento.

Tomando en cuenta que los beneficios de la naturaleza para las personas están en casi todos los aspectos del desarrollo humano y son esenciales para el éxito en el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, pero que actualmente enfrentamos una pérdida y deterioro de biodiversidad más rápidos que en cualquier otro punto de la historia humana, la IPBES cobra especial relevancia al aprovechar la mejor experiencia de algunas las disciplinas científicas y comunidades de conocimiento para proporcionar información relevante para el desarrollo de políticas basadas en el conocimiento en todos los niveles del Gobierno, el sector privado y la sociedad civil.

La plataforma actualmente cuenta con 131 países miembros, entre los cuales hace parte Colombia. Actualmente, el punto focal en el país lo asume el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.



Actualmente, la IPBES incluye dentro de su plan de trabajo la temática específica de Evaluación sobre degradación y restauración de tierras (LDR, por sus siglas en inglés), que representa el estado de conocimiento de la degradación de las tierras y restauración.

Sus capítulos y sus resúmenes ejecutivos fueron aceptados y aprobados en la plenaria de la IPBES en su sexta sesión (18-24 de marzo 2018, Medellín, Colombia).

Este informe proporciona una evaluación crítica de la gama completa de

problemas que enfrentan los tomadores de decisiones, incluida la importancia, el estado, las tendencias y amenazas a la biodiversidad y las contribuciones de la naturaleza a las personas, así como las opciones de respuesta de políticas y gestión. El establecimiento de las causas subyacentes de la degradación de las tierras proporciona a los encargados de formular políticas la información necesaria para desarrollar opciones de respuesta, tecnologías, políticas, incentivos financieros y cambios de comportamiento apropiados (IPBES, 2018).

2.4.5 Alianza Mundial por el Suelo (AMS)

La FAO estableció esta alianza en diciembre de 2012 como un mecanismo para desarrollar una interacción, colaboración y sinergia de esfuerzos entre las partes interesadas que van desde usuarios del terreno hasta políticos. Uno de los objetivos clave de la AMS es mejorar la gobernanza y gestión sostenible de los suelos.

Desde su creación, la AMS se ha convertido en el foco de asuntos globales en suelos, donde son debatidos y abordados por múltiples partes interesadas. Algunos logros clave de la Alianza como los enunciados a continuación demuestran su importancia en la promoción de la gestión sostenible de los suelos:

- Establecimiento del Grupo Técnico Intergubernamental sobre Suelos (ITPS).
- Entrega de la propuesta para el Día Mundial del Suelo de la ONU (5 de diciembre) y el Año Internacional de los Suelos.
- Preparación del Estatuto Revisado de los Suelos Mundiales.
- Establecimiento de las Alianzas Regionales por el Suelo.
- Desarrollo de habilidades para el mapeo digital de suelos en países en desarrollo.





Barichara, Santander.

- Desarrollo de las pautas voluntarias para la gestión sostenible del suelo
- Establecimiento de sistemas nacionales de información del suelo.

Alianza Latinoamericana y del Caribe por el Suelo

La Alianza latinoamericana y del Caribe por el Suelo (LACS, por sus siglas en inglés), creada en abril de 2019, facilita los vínculos entre programas y actividades a nivel nacional y local en la gestión del territorio y el suelo para fortalecer la sociedad conjunta y el desarrollo de sinergias. Los suelos en Latinoamérica no solo alimentan la región, sino que también juegan un papel esencial en la seguridad alimentaria mundial ya que la región es un gran exportador de alimento; sin embargo, gran parte de los suelos agrícolas en esta región están afectados por la degradación (FAO, 2015).

Actualmente, la Alianza cuenta con cinco pilares de acción:

- 1 Promoción del manejo sostenible del recurso suelo para su protección, conservación y productividad sostenible.
- 2 Fomento de la inversión, cooperación técnica, políticas, concientización, educación, capacitación y extensión sobre los suelos.
- 3 Promoción de la investigación y el desarrollo edafológico focalizado y centrado en las brechas y prioridades que se hayan identificado y las sinergias con acciones relacionadas con la producción, desarrollo ambiental y social.
- 4 Mejora de la cantidad y la calidad de los datos e información edafológica: recolección de datos (generación), análisis, validación, presentación de informes, monitoreo y su integración con otras disciplinas.
- 5 Armonización de los métodos, medidas e indicadores para el manejo sostenible y la protección del recurso suelo.

2.4.6 Evaluación de los ecosistemas del milenio

La evaluación de ecosistemas del milenio (MEA) y su informe de Síntesis sobre la relación con desertificación (World Resources Institute, 2005), ha realizado una significativa y valiosa contribución al tema de desertificación. Presenta la importancia fundamental de contar con ecosistemas funcionales para el bienestar humano y el crecimiento económico sostenible. El asunto es particularmente importante para las tierras secas del mundo. Las poblaciones de las zonas climáticas áridas, semiáridas y secas subhúmedas, las cuales definen el campo de intervención de la UNCCD, se ven seriamente afectadas por la vulnerabilidad del medio ambiente y la pobreza.



La síntesis sobre desertificación, basada en un sólido resumen de evidencia científica, indica que la desertificación debe ser considerada en forma imperativa dentro de los Objetivos de Desarrollo del Milenio de las Naciones Unidas. La desertificación debe combatirse en todos los niveles, pero esta lucha se debe ganar en última instancia en el nivel local. Este informe deja aún más claro que este fenómeno está inmerso en una cadena global de causalidad y que su impacto se siente mucho más allá de los límites de áreas afectadas. La desertificación contribuye significativamente a los cambios climáticos y a la pérdida de biodiversidad.

Según la evaluación, la desertificación ocurre en todos los continentes, excepto la Antártida, y afecta los medios de subsistencia de millones de personas, incluyendo una gran proporción de los pobres en las tierras secas. La desertificación ocurre en las tierras secas de todo el mundo, y sus efectos se experimentan regional, nacional, local, y mundialmente. Las tierras secas ocupan el 41 % de la superficie terrestre del planeta y son el hogar de más de 2.000 millones de personas, un tercio de la población humana en el año 2000. Las tierras secas incluyen todas las regiones terrestres donde la escasez del agua limita la producción de cosechas, forraje, madera y otros servicios de aprovisionamiento de los ecosistemas. Formalmente, la definición de la EM abarca todas las tierras donde el clima se clasifica como subhúmedo seco, semiárido árido o hiperárido.

La desertificación es el resultado de una falla de larga data en el logro del equilibrio entre la demanda y el suministro de los servicios de los ecosistemas en las tierras secas. La presión está aumentando sobre los ecosistemas de las tierras secas para la provisión de servicios tales como alimento, forraje, combustible, materiales de construcción y agua para los seres humanos y el ganado, para la irrigación y para el saneamiento. Este aumento se atribuye a una combinación de factores humanos y climáticos. Los primeros incluyen factores indirectos (como la presión de la población), los factores socioeconómicos y de políticas y fenómenos de la globalización (como las distorsiones en los mercados internacionales de alimentos) y factores directos (como los patrones y las prácticas de uso de la tierra y los procesos relacionados con el clima).

La desertificación es potencialmente el cambio en los ecosistemas más amenazante que impacta sobre los medios de subsistencia de los pobres. La persistente reducción de los servi-

cios del ecosistema que resulta de la desertificación vincula la degradación de las tierras a la pérdida de bienestar humano.

En las tierras secas, la transformación de las tierras de pastoreo y de los sistemas combinados de pastoreo y silvicultura en tierras de cultivo aumenta el riesgo de desertificación ya sea por la creciente presión sobre las tierras de pastoreo restantes o por el uso de prácticas de cultivo no sostenibles.

En muchas áreas semiáridas existe una transformación progresiva del pastizal en matorral, lo que exacerba la erosión del suelo. Durante la segunda mitad del siglo XIX, la cría comercial de ganado a gran escala se extendió rápidamente por las tierras secas semiáridas de Norteamérica y Suramérica, Sudáfrica y Australia. Tanto la clase de los herbívoros importados como el tipo de manejo del pastoreo (incluyendo la prevención con fuego) no estaban adaptados a los ecosistemas semiáridos. La perturbación resultante fue por lo tanto un “disparador de la transición”, la cual, combinada con los casos de sequía, llevó a una dominación progresiva de los arbustos sobre los pastos (a veces llamada “usurpación del arbusto”). La transición de una tierra cubierta completamente por pastizales a una cubierta por arbustos dispersos crea mayores superficies de suelo al descubierto, lo que aumenta la velocidad de la escorrenría, dando por resultado una mayor erosión del suelo. (WRI, 2005)

Los cambios en el uso de la tierra son respuestas a los cambios en los suministros de los servicios de los ecosistemas, pero los primeros también originan cambios en estos suministros. Históricamente, los medios de subsistencia de las tierras secas se han basado en una mezcla de caza, recolección, cultivo y cría de ganado. Esta mezcla varió en su composición a lo largo del tiempo, del lugar y de la cultura. Las severas



e imprevisibles condiciones climáticas combinadas con los cambiantes factores socioeconómicos y políticos han forzado a los habitantes de las tierras secas a ser flexibles en el uso de la tierra.

La irrigación ha llevado a un incremento de los cultivos y de la producción de alimentos en las tierras secas, pero en muchos casos no ha sido sostenible sin una gran inversión de capitales públicos. La irrigación a gran escala también ha dado lugar a muchos problemas ambientales –tales como la saturación hídrica y la salinización, la contaminación del agua, la eutrofización y la explotación no sostenible de los acuíferos– que degradan el suministro de los servicios de las tierras secas.

La comprensión de la importancia de la desertificación está limitada por muchas incertidumbres. La recolección de información –datos de sensores remotos a largo plazo y socioeconómicos y biofísico subnacionales– permite el desarrollo de una línea de base y de indicadores de la desertificación. Esa información nos ayuda a reducir las incertidumbres con respecto a las interrelaciones entre la desertificación, el cambio climático, la biodiversidad, los servicios de los ecosistemas y el bienestar humano (WRI, 2005).

2.4.7 Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos

Fundada en 1961, la misión de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) es promover políticas que mejoren el bienestar económico y social de las personas alrededor del mundo. La OCDE ofrece un foro en el que los gobiernos puedan trabajar conjuntamente para compartir experiencias y buscar soluciones a los problemas comunes, analizando los temas en cambios económico, social y ambiental.

La OCDE fija estándares internacionales dentro de un amplio rango de temas de políticas públicas, entre otros, los directamente implicados en calidad de tierras, como medio ambiente y agricultura y comercio. Colombia es actualmente país admitido en mayo de 2018, por lo cual, entre otros, el desempeño en el sector ambiental y agrícola será importante para el logro no solo de la calidad de vida de los habitantes además de los ODS.

Esta organización tiene como misión promover políticas que mejoren el bienestar económico y social de las personas alrededor del mundo; ha venido implementando comités para cada aspecto económico dentro de Colombia, por ejemplo el comité de agricultura, en el que se busca apoyar la política agrícola y otro tipo de apoyo al sector agropecuario y agroalimentario, evaluando las políticas diseñadas, pues estas deben ser transparentes, específicas, adaptadas, flexibles y equitativas dentro del marco del crecimiento verde.

En el año 2014, en la publicación de Evaluaciones de desempeño ambiental de la OCDE, se habla de los desafíos para detener la degradación y la contaminación de los suelos. En ese sentido, Colombia se encuentra en el proceso de adhesión a la OCDE, realizando acciones en varios procesos de reformas institucionales, políticas, económicas y ambientales, donde se resalta la política para la gestión sostenible de los suelos, formada por líneas estratégicas con el fin de abarcar de manera integral el manejo sostenible del suelo.

2.4.8 Proyecto TerrAfrica en la degradación de tierras

El Banco Mundial ha participado en varios proyectos relacionados con el control de la degradación de suelos en tierras secas, del África en particular.

Una de estas iniciativas es la Plataforma TerrAfrica, que busca reducir los riesgos de degradación del suelo que amenazan el desarrollo sostenible en África al sur del Sahara y otras partes del mundo. El trabajo del Banco se centra en aumentar el respaldo otorgado a las prácticas sostenibles de gestión de agua y suelos, sumado a actividades regionales estratégicas para aumentar la gestión sostenible del suelo.

En África al sur del Sahara, la Plataforma movilizó US\$150 millones en fondos que, según se espera, sumarán US\$1.000 millones más para alcanzar el objetivo. Tanto TerrAfrica como la Nueva Alianza para el Desarrollo de África (NEPAD, por sus siglas en inglés) trabajan con los gobiernos africanos para desarrollar y sostener los marcos de inversión estratégica nacional (Country Strategic Investment Frameworks o CSIF), cuyo propósito es integrar estrategias y programas para la promoción de la gestión sostenible del suelo, poniendo la atención en las estrategias dirigidas al cambio climático e incluyendo a estas en las estrategias y políticas nacionales de desarrollo.

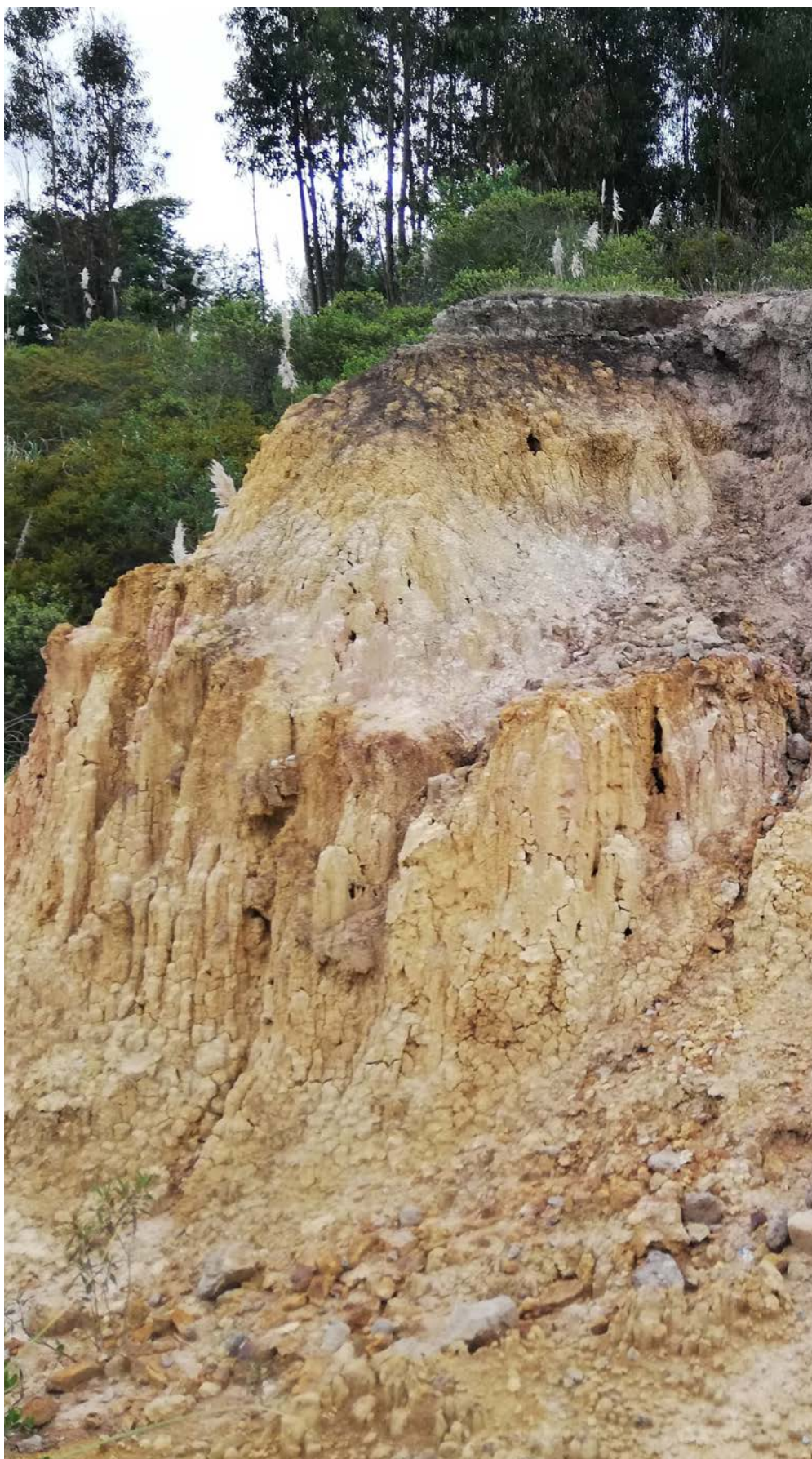


“Los suelos retienen el carbono, lo cual contribuye a la mitigación del cambio climático”, “La parte más valiosa del suelo contiene mucho carbono, pero a través de la erosión se puede terminar como sedimento en los ríos o suelto en el aire” explica Mohamed Bakarr, especialista sénior en medio ambiente del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF).



Según expertos internacionales, la degradación del suelo y la desertificación ponen en riesgo la seguridad humana al reducir la productividad y la resistencia de las tierras de cultivo, de las praderas y de las zonas boscosas, y al reducir la vida útil de infraestructuras tales como embalses y canales. La degradación del suelo altera también la disponibilidad de alimentos, de forraje y de madera para combustible, y compromete las funciones críticas para el sustento de la vida, como la filtración de agua, el control de inundaciones, la resistencia a las sequías y el almacenamiento de carbono en la tierra y en la vegetación. En el peor de los casos, la degradación del suelo tiene también el potencial de desatar conflictos relacionados con los recursos naturales. Cuando estos factores son considerados en conjunto, puede observarse que la degradación del suelo retrasa el crecimiento económico de manera innecesaria.

 Nemocón, Cundinamarca





Es imperativa una mejora sustancial de las prácticas de gestión de suelos a fin de asegurar el logro de los objetivos de producción y conservación, como el aumento de la productividad ganadera y agrícola, el acceso más seguro a la energía de uso doméstico y a los recursos hídricos, el mantenimiento de la biodiversidad y la disminución del riesgo que representa el aumento de la variabilidad del clima. En general, se necesitan medidas a nivel local, nacional y regional destinadas a aumentar la capacidad del sector público para evaluar, diseñar y poner en práctica políticas e inversiones adecuadas.

Datos sobre la degradación del suelo para África, según Banco Mundial:

- Se estima que 485 millones de africanos (65 % de la población) son afectados por la degradación del suelo.
- Aproximadamente el 22 % del suelo cultivable de África (500 millones de hectáreas) está degradado y el 66 % de esta porción se clasificó como degradada de forma moderada, severa o extrema.
- El 11 % del territorio africano (332 millones de hectáreas) está constituido por tierras áridas afectadas por la degradación del suelo inducida por la mano del hombre.

Repercusiones económicas

- El costo de la degradación del suelo en Madagascar es del 15 % del PIB, US\$ 290 millones. Esta degradación puede atribuirse en gran medida a la deforestación.
- El costo anual de la erosión del suelo en Uganda está en el orden de los US\$ 132-396 millones.
- Ghana experimentó una pérdida anual de productividad del 2,9 % en todos los cultivos y cría de ganado debido a la erosión y agotamiento de nutrientes. Esto se traduce en un

valor aproximado del 2 % al 5 % del PIB agrícola.

- Etiopía sufre pérdidas anuales de US\$106 millones por la disminución de nutrientes en las zonas agrícolas, US\$23 millones por pérdidas forestales y US\$10 millones por pérdida de capacidad de cría de ganado, todo lo cual representa US\$ 139 millones, un 3 % del PIB agrícola.
- La pérdida bruta anual de ingresos por la desertificación asciende a US\$332-355 millones (10-11 % del PIB anual) en Etiopía, US\$ 67-78 millones (9,5-11 % del PBI anual) en Malawi, y US\$ 58-68 millones (5,5-6,5 % del PIB anual) en Mali.

Como estrategia, el Banco Mundial apoya un enfoque integrado para gestionar de manera sostenible la tierra, el agua y los recursos costeros con múltiples propósitos y funciones; esto se denomina un enfoque basado en el paisaje. La gestión de los recursos naturales de una manera integrada a través de distintos usos del suelo y conectándolos a nivel del paisaje proporciona las bases para mejorar los medios de subsistencia, la seguridad y la resiliencia de las personas a la variabilidad y los cambios del clima. Esto representa una oportunidad para los encargados de formular políticas para planificar en los distintos sectores económicos enfocándose en los desafíos del desarrollo a la escala adecuada, reduciendo al mínimo las concesiones y obteniendo un mayor valor de los recursos existentes.

2.5 Contexto institucional y normativo

En Colombia las disposiciones relacionadas con el recurso tierra y del suelo se encuentran contenidas en diferentes tipos de normas, como son el Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y

Protección al Medio Ambiente, la Ley 160 de 1994, la Ley 388 de 1997 y otras normas, las cuales tienen que ver con el uso de la tierra y su aprovechamiento con fines agropecuarios.

En cuanto a la desertificación, el tema sólo aparece en la legislación colombiana con la Ley 461 de 1998, mediante la cual se aprobó la UNCCD. Esta ley es la única norma que de manera específica y concreta impone obligaciones al Estado colombiano para la aplicación, en las zonas afectadas, de estrategias integradas a largo plazo que se centren simultáneamente en la recuperación, conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos tierras e hídricos, así como el aumento de la productividad de las tierras degradadas, con miras a mejorar las condiciones de vida, especialmente a nivel comunitario.

De acuerdo a lo anterior, es importante establecer decretos reglamentarios que contribuyan al cumplimiento de la Ley 461 de 1998 y el Código Nacional de Recursos Naturales con el fin de conservar y manejar sosteniblemente los recursos tierra y suelo. Una adecuada reglamentación sobre zonas agrícolas, estatuto de uso del suelo, distritos de conservación de suelo y tasas retributivas por el uso del suelo podría ser de gran utilidad a las autoridades ambientales para intervenir y regular la realización de actividades en suelos frágiles, de protección o que deban someterse a procesos de recuperación

La Constitución Política de Colombia (1991) establece el marco general para la conservación, uso y acceso a los componentes del ambiente, entre ellos el suelo; otorga importancia fundamental al tema ambiental al establecer como uno de sus principios la obligación del Estado y de las personas de proteger las riquezas culturales y naturales de la nación, para lo cual determina que el Estado colombiano debe proteger tanto la diversidad como la integridad del ambiente.

El artículo 79 la Constitución Política 1991 establece que “Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo y es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines”, y el artículo 80 señala: “El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución”.

Por otra parte, la Ley 99 de 1993 crea el Ministerio del Medio Ambiente, (hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible), y le asigna entre sus funciones la de establecer los criterios ambientales que deben ser incorporados en la formulación de las políticas sectoriales y en los procesos de planificación de los demás Ministerios y entidades. Si bien el Ministerio formula sus políticas en el marco de la Constitución y las leyes, cabe anotar que la Corte Constitucional mediante sentencia C-519/94 ha precisado lo siguiente: *“El crecimiento y el desarrollo económicos implican evidentemente cambios en los ecosistemas físicos. No todo ecosistema se puede conservar intacto en todo lugar. Un bosque que se puede agotar en una parte de la vertiente y prosperar en otra parte, cosa que no es censurable si se ha planeado la explotación y se han tenido en cuenta sus efectos sobre las tasas de erosión del suelo, régimen del agua y las pérdidas genéticas (...)”*.

De otro lado, el Estado colombiano ha firmado tratados, convenciones y declaraciones sobre protección ambiental, entre los cuales cabe destacar la Declaración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Ambiente Humano (1972), la Declaración de Nairobi (2009), la Declaración de Río de Janeiro sobre Ambiente y Desarrollo (1992), el Convenio sobre Diversidad Biológica (1992), la Convención de Naciones Unidas de Lucha Contra la Desertificación y Sequía (1994), la Convención de Naciones Unidas para el Cambio Climático (1992) y la Declaración de Johannesburgo sobre Desarrollo Sostenible (2002), en la que se ratificaron los compromisos para alcanzar un desarrollo sostenible y la obligación de los Estados de proteger los componentes ambientales, entre estos el suelo.

Específicamente la Sexta Conferencia de las partes del Convenio sobre la Diversidad Biológica, llevada a cabo en el año 2002, determinó: “...establecer una iniciativa internacional para la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica de los suelos como iniciativa intersectorial en el marco del programa de trabajo sobre diversidad biológica agrícola, e invita a la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y a otras organizaciones pertinentes a que faciliten y coordinen esa iniciativa” (COP 6, decisión VI/5).

Es de recordar que desde el Decreto Ley 2811 de 1974 (Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente) se señala que el uso del suelo debe realizarse de acuerdo con sus condiciones y factores constituti-

vos. El uso sostenible del suelo contribuye a la prevención de la degradación de los suelos y las tierras, fomentando el uso de las buenas prácticas de conservación a nivel regional y local.

Igualmente, según esta norma el aprovechamiento del suelo debe efectuarse manteniendo su integridad física y su capacidad productora, lo cual es complementado con el deber de todos los habitantes de colaborar con las autoridades en su conservación y manejo adecuado.

Asimismo, el Decreto 1076 de 2015 en su artículo 2.2.1.18.6 establece entre las obligaciones de los propietarios de predios para la protección y conservación de suelos “(...)

- ① Usar los suelos de acuerdo con sus condiciones y factores constitutivos de tal forma que se mantenga su integridad física y su capacidad productora, de acuerdo con la clasificación agrológica del IGAC y con las recomendaciones señaladas por el ICA, el IGAC y Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- ② Proteger los suelos mediante técnicas adecuadas de cultivos y manejo de suelos que eviten la salinización, compactación, erosión, contaminación o revenimiento y, en general, la pérdida o degradación de los suelos.
- ③ Mantener la cobertura vegetal de los terrenos dedicados a ganadería, para lo cual se evitará la formación de caminos de ganado o terracetas que se producen por sobrepastoreo y otras prácticas que traigan como consecuencia la erosión o degradación de los suelos (...) por desertificación.





© Tocaima, Cundinamarca.

Ley 200 de 1936

Ley de Tierras.

Ley 2ª de 1959

Economía forestal de la Nación y conservación de recursos naturales renovables (política de bosques).

Decreto 1562 de 1962

Creación del ICA. Coordinar e intensificar las labores de investigación, enseñanza y extensión de las ciencias agropecuarias.

Ley 135 de 1962

Creación del **INCORA**.

Ley 23 de 1973

Concede facultades extraordinarias al Presidente de la República para expedir el **Código Nacional de los Recursos Naturales y de Protección al Medio Ambiente**.

Decreto Ley 2811 de 1974

Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.

Decreto 2259 de 1976

Fundación del **Himat**.

Decreto 1449 de 1977

Por el cual se reglamentan parcialmente el inciso 1 del numeral 5 del artículo 56 de la Ley 135 de 1961 y el Decreto Ley 2811 de 1974. Artículo 7º. En relación con la **protección y conservación de los suelos**.

Constitución Política de Colombia 1991

Capítulo 3. **Derechos colectivos y del ambiente.**

Decreto 2135 de 1992

Reestructuración del HIMAT, **creación del INAT y el ideam**

Ley 99 de 1993

Reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del ambiente y los recursos naturales renovables, organiza el Sistema Nacional Ambiental (SINA), y **crea el Ministerio del Medio Ambiente**.

Decreto 1277 de 1994

Por el cual se **organiza y establece el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam)**. Artículo 2º. Objeto. 7. Realizar estudios e investigaciones sobre recursos naturales, en especial la relacionada con recursos forestales y conservación de suelos y demás actividades que con anterioridad a la Ley 99 de 1993 venían desempeñando las Subgerencias de Bosques y Desarrollo del Instituto Nacional de los Recursos Naturales y del Ambiente (INDERENA).

Ley 160 de 1994

Por la cual se crea el Sistema Nacional de Reforma Agraria y Desarrollo Rural Campesino, se establece un subsidio para la adquisición de tierras, se reforma el Instituto Colombiano de la Reforma Agraria y se dictan otras disposiciones.

Ley 388 de 1997

Por la cual se estipula la formulación y adopción de los planes y esquemas de ordenamiento territorial (POT). Ley 507 de 1999.





Ley 461 de 1998

Por la cual Colombia se adhiere a la Convención de las Naciones Unidas de Lucha Contra la Desertificación en los Países Afectados por Sequía Grave o Desertificación, En particular África”.

Decreto 291 de 2004

Fusión de la Subdirección de Geomorfología, Suelos y Ecosistemas y creación de la Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental del Ideam.

Resolución 0170 de 2009

Se declaró el año 2009 como Año Nacional de los Suelos y el 17 de junio como Día Nacional de los Suelos; además, se le asigna al Ministerio, entre otras, la obligación de formular políticas y expedir normas, directrices e impulsar planes, programas y proyectos dirigidos a la conservación, protección, restauración, recuperación y rehabilitación de los suelos.

Decreto 4145 de 2011

Creación de la UPR. Generar instrumentos relacionados con la planificación rural agropecuaria, ordenamiento del uso rural, adecuación y mercado de tierras.

Ley 1523 de 2012

Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones.

Decreto 1076 de 2015

Por el cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible a partir de la fecha de su expedición. Artículo 2.2.8.71.2. Objeto del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). “Obtener, almacenar, analizar, estudiar, procesar y divulgar la información básica sobre hidrología, hidrogeología, meteorología, geografía básica sobre aspectos biofísicos, geomorfología, suelos y cobertura vegetal para el manejo y aprovechamiento de los recursos biofísicos de la Nación, en especial las que en estos aspectos con anterioridad a la Ley 99 de 1993 venían desempeñando el Instituto Colombiano de Hidrología Meteorología y Adecuación de Tierras (HIMAT); el Instituto de Investigaciones en Geociencias, Minería y Química (Ingeominas); y la Subdirección de Geografía del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC)”. Artículo 2.2.11.18.6. Protección y conservación de suelos. En relación con la protección y conservación de los suelos.

Decreto 050 de 2018

“Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 1076 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, en relación con los Consejos Ambientales Regionales de la Macrocuencas (CARMAC), el ordenamiento del recurso hídrico y vertimientos y se dictan otras disposiciones”. Artículo 2.2.3.3.4.9. Del vertimiento al suelo.



Figura 3. Marco normativo relacionado con el manejo, conservación y protección de los suelos. Fuente: Ideam, 2019.

En la figura anterior se presentan algunas normas que hacen alusión al uso, manejo y conservación de los suelos en Colombia.

De otro lado, el país mediante el Decreto 1743 de 1994 instituyó el Proyecto de Educación Ambiental para todos los niveles de educación formal y fijó criterios para la promoción de la educación ambiental no formal e informal. Esta norma generó adicionalmente los mecanismos de coordinación entre el Ministerio de Educación Nacional y el Ministerio del Medio Ambiente (hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible). Además, la Ley 1064 de 2006 dictó normas para el apoyo y fortalecimiento de la educación para el trabajo y el desarrollo humano establecida como educación no formal en la Ley General de Educación, lo cual contribuye al fortalecimiento de los procesos de educación y capacitación para la gestión sostenible del suelo.

Respecto al marco de políticas, el país cuenta con la política nacional de gestión integral de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos, el Plan Nacional de Desarrollo Forestal, el Plan de acción nacional de lucha contra la desertificación y la sequía en Colombia, el Plan nacional de adaptación al cambio climático, la política nacional de producción y consumo sostenible, el Plan Nacional de Restauración, la política nacional de educación ambiental, La política de prevención y control de la contaminación del aire, la política nacional del recurso hídrico, la política de gestión ambiental urbana, la política nacional de espacio público (Conpes 3718 de 2012), la política nacional de humedales interiores y la política nacional ambiental para el desarrollo sostenible de los espacios oceánicos y las zonas costeras e insulares de Colombia.

Finalmente, el Plan Nacional de Desarrollo (2018–2022) “Pacto por Colombia, Pacto por la equidad” incluye el “Pacto por la Sostenibilidad” el cual busca lograr un equi libro entre el desarrollo productivo y la conservación del ambiente que potencie nuevas economías y asegure los recursos naturales para nuestras futuras generaciones (PND, 2018).

Las metas planteadas en el PND buscan: Reducir las emisiones de efecto invernadero, frenar la deforestación, duplicar las hectáreas de los sistemas productivos sostenibles y de conservación y la implementación de acciones de adaptación al cambio climático, las cuales se encuentran alineadas en el objetivo del presente Protocolo para evitar el aumento de la degradación de las tierras en Colombia y con miras al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, especialmente de la Meta 15.3.



Línea de Tiempo

1800 a 1992

Hitos relacionados con temas de desertificación de suelos por desertificación.

Humboldt: Con datos concluye que los suelos pierden capacidad de retener agua al perder cobertura natural y por exceso de agricultura. Primer reporte en Cumaná, Suramérica, de degradación de tierras y aumento de sequía.

1800



Simón Bolívar, consciente de la degradación de suelos secos por pérdida de bosque, **decreta que se siembre un millón de árboles en Bolivia** (Decreto 19 de 1825).

1825



Se relaciona la pérdida de bosques con erosión e inhabitabilidad (desertificación). (The Study of Nature, Marsh, 1860).

1860



Creación de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), abreviado internacionalmente como Unesco, es un organismo especializado de las Naciones Unidas.

Creación de la FAO (16 de octubre), Organización de las Naciones Unidas (ONU) para la alimentación y la agricultura concebida como fuente de conocimiento e información, promoviendo la seguridad alimentaria.

1945



André Aubreville creó el primer concepto de "desertificación": "**Proceso complejo que reduce la productividad y el valor de los recursos naturales, en el contexto específico de condiciones climáticas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, como resultado de variaciones climáticas y actuaciones humanas adversas**", usado por la comunidad científica desde los finales de la década de los 40. La definición la abordó en su libro *Climats, forêts et désertification de l'Afrique tropicale*. París: Soc d'éditions géographiques maritimes et coloniales (1949).

1949



Se creó el programa de zonas áridas de la Unesco (llamado hoy programa de tierras y secas y desertificación).

1952



Nace la Subdirección Agrológica en el IGAC, encargada de realizar el inventario de los suelos colombianos.

1958



Se funda la Facultad de Agrología en la Universidad Jorge Tadeo Lozano, para la educación y conocimiento sobre los suelos colombianos.

1960



Declaración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano.

Se establece un grupo de investigación en desertificación por el Congreso Geográfico Internacional.

1972



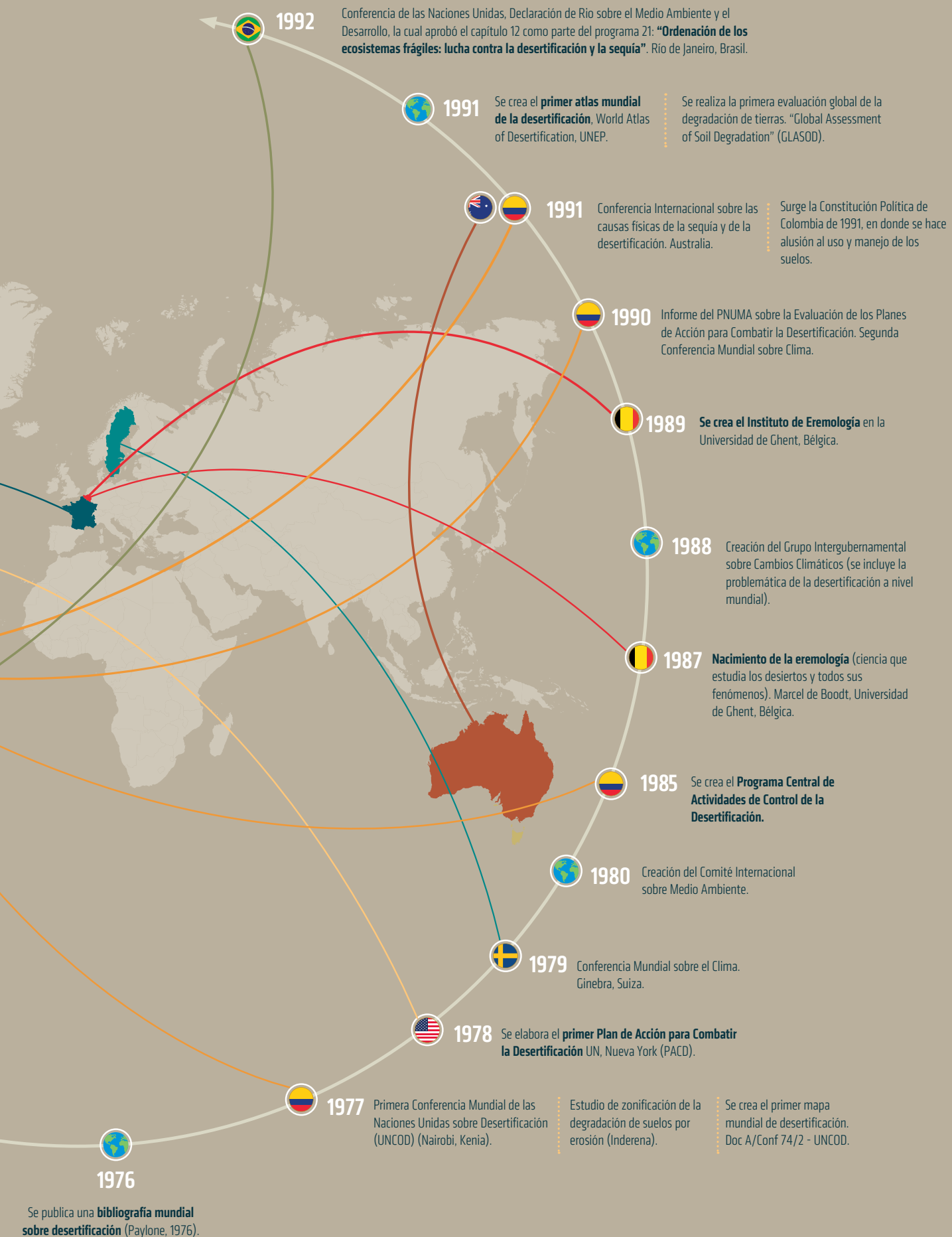
Se adopta el concepto de "desertificación" en la Asamblea General de las Naciones Unidas; se decide, como cuestión prioritaria, promover una acción internacional concertada para combatir la desertificación; "se recomienda a la comunidad internacional tomarse urgentemente medidas concretas" (17 de diciembre 1974).

Formulación del **Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y Protección al Medio Ambiente** en Colombia.

1974



Se pu
sobre



Fuente: Diseño original Pundo Aparte.

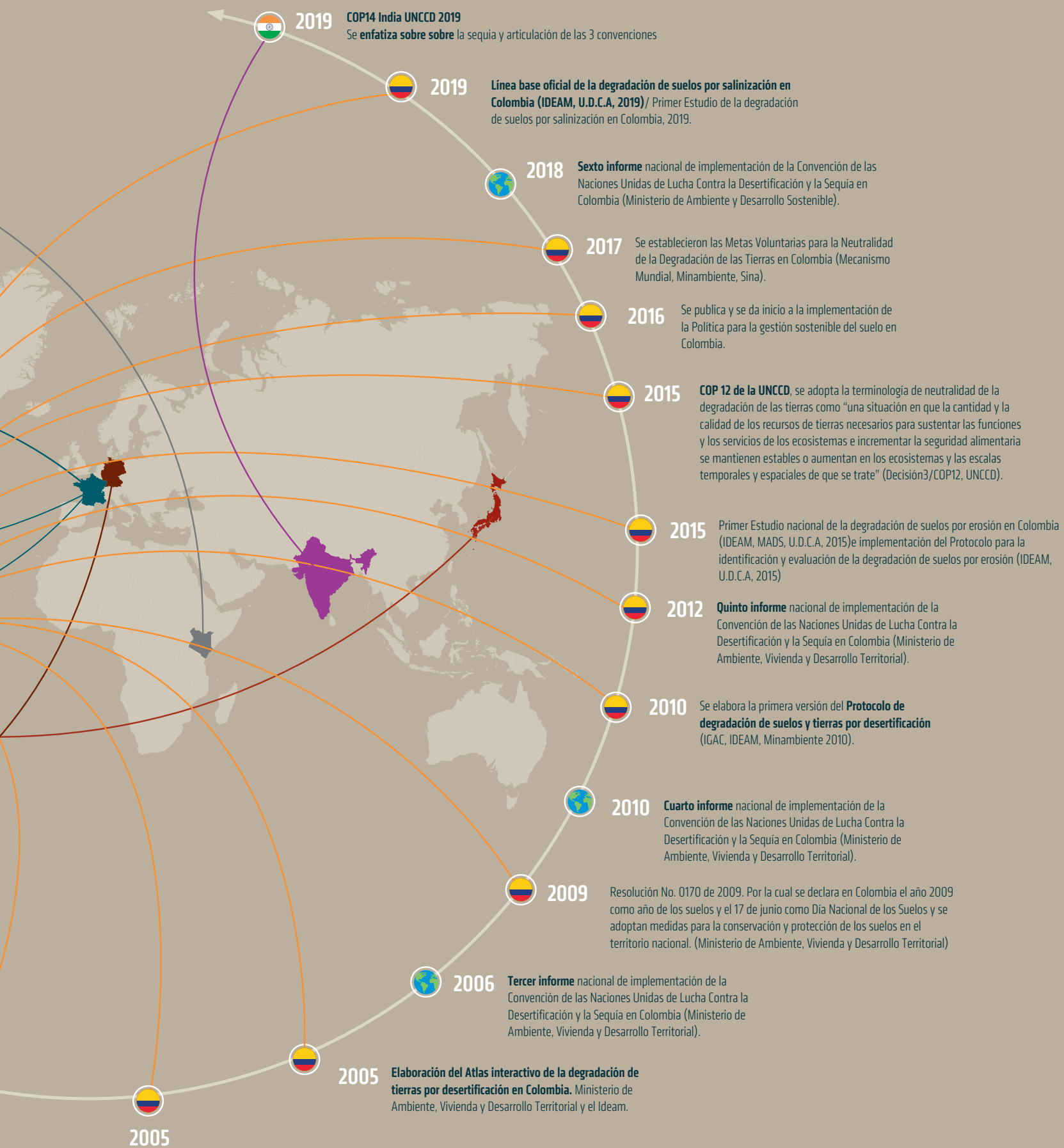


Línea de Tiempo

1993 a 2019

Hitos relacionados con temas de desertificación de suelos por desertificación.





2019 **COP14 India UNCCD 2019**
Se **enfatisa sobre sobre** la sequía y articulación de las 3 convenciones

2019 **Línea base oficial de la degradación de suelos por salinización en Colombia (IDEAM, U.D.C.A, 2019)** / Primer Estudio de la degradación de suelos por salinización en Colombia, 2019.

2018 **Sexto informe** nacional de implementación de la Convención de las Naciones Unidas de Lucha Contra la Desertificación y la Sequía en Colombia (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible).

2017 Se establecieron las Metas Voluntarias para la Neutralidad de la Degradación de las Tierras en Colombia (Mecanismo Mundial, Minambiente, Sina).

2016 Se publica y se da inicio a la implementación de la Política para la gestión sostenible del suelo en Colombia.

2015 **COP 12 de la UNCCD**, se adopta la terminología de neutralidad de la degradación de las tierras como “una situación en que la cantidad y la calidad de los recursos de tierras necesarios para sustentar las funciones y los servicios de los ecosistemas e incrementar la seguridad alimentaria se mantienen estables o aumentan en los ecosistemas y las escalas temporales y espaciales de que se trate” (Decisión3/COP12, UNCCD).

2015 Primer Estudio nacional de la degradación de suelos por erosión en Colombia (IDEAM, MADS, U.D.C.A, 2015) e implementación del Protocolo para la identificación y evaluación de la degradación de suelos por erosión (IDEAM, U.D.C.A, 2015)

2012 **Quinto informe** nacional de implementación de la Convención de las Naciones Unidas de Lucha Contra la Desertificación y la Sequía en Colombia (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial).

2010 Se elabora la primera versión del **Protocolo de degradación de suelos y tierras por desertificación** (IGAC, IDEAM, Minambiente 2010).

2010 **Cuarto informe** nacional de implementación de la Convención de las Naciones Unidas de Lucha Contra la Desertificación y la Sequía en Colombia (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial).

2009 Resolución No. 0170 de 2009. Por la cual se declara en Colombia el año 2009 como año de los suelos y el 17 de junio como Día Nacional de los Suelos y se adoptan medidas para la conservación y protección de los suelos en el territorio nacional. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial)

2006 **Tercer informe** nacional de implementación de la Convención de las Naciones Unidas de Lucha Contra la Desertificación y la Sequía en Colombia (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial).

2005 **Elaboración del Atlas interactivo de la degradación de tierras por desertificación en Colombia.** Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y el Ideam.

2005
Se publica el Plan de acción nacional de lucha contra la desertificación y la sequía en Colombia (PAN). Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y entidades del SINA.

2.6 Iniciativas o estrategias para combatir la desertificación

2.6.1 LADA, WOCAT

Las iniciativas LADA y WOCAT surgen de las necesidades de los países participantes en el marco de la Convención de las Naciones Unidas de Lucha Contra la Desertificación (UNCCD). El proyecto internacional LADA (siglas en inglés), 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 tierras en zonas áridas. Esta metodología propuesta ha servido como una herramienta de evaluación que puede ser adoptada por todos los países afectados por la desertificación.

Se debe destacar que en la Decisión 19, del octavo periodo de sesiones de la UNCCD, los 194 países parte acordaron tener en cuenta las metodologías y los resultados globales y nacionales del LADA como aporte para la definición y selección de indicadores de impacto de la desertificación dentro del marco de aplicación de la UNCCD.

El proyecto LADA se ejecutó en Argentina para la región de Suramérica; China para la región este de Asia; Cuba para la región América Central y el Caribe; Senegal para África del oeste francoparlante; Sudáfrica para la región meridional, central y este de África; y Túnez para África del norte y del Mediterráneo. Todos estos países presentan diferentes características ambientales, sociales y culturales; mediante la aplicación de las mismas metodologías de evaluación de la desertificación propuesta por el proyecto LADA, han generado adaptaciones de la misma que son útiles para los países de su región.

El proyecto fue financiado principalmente por el FMAM (Fondo para el Medio Ambiente Mundial). La puesta en marcha y ejecución global del proyecto estuvo a cargo del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).

Por su parte, la Visión Mundial de los Enfoques y Tecnologías de la Conservación (WOCAT) es una red global que se estableció en 1992. La red WOCAT hizo esfuerzos para compilar, documentar, evaluar, compartir, difundir y aplicar el conocimiento de la gestión o manejo sostenible de la tierra (MST). A principios de 2014 el crecimiento y la mejora continua del WOCAT culminaron con el reconocimiento oficial por parte de la UNCCD como la base de datos global recomendada principal de MST para las mejores prácticas.



Las herramientas desarrolladas por el proyecto LADA se concretizaron en la plataforma WOCAT ofreciendo una serie de herramientas que permiten realizar la evaluación de la degradación de tierras y definir las prácticas de manejo sostenible de tierras para combatir las causas de la degradación. Las principales herramientas que proporciona LADA-WOCAT son QM cuestionario de mapeo, QA cuestionario de enfoques y QT cuestionario de tecnologías, entre otros.

2.6.2 Neutralidad de la degradación de tierras - UNCCD

La UNCCD ha definido la estrategia de Neutralidad de la degradación de tierras (NDT) para el logro de las metas de los ODS a 2030. Esta estrategia se centra en preservar la productividad de los recursos de la tierra, prestar apoyo a las funciones y servicios de los ecosistemas y, por consiguiente, satisfacer las necesidades de las generaciones actuales y futuras. En términos de neutralidad, el concepto de NDT se centra en alcanzar el equilibrio entre la nueva degradación de tierras ya anticipada y las futuras medidas para mejorar la tierra degradada (por ejemplo, a través de la restauración de las tierras). Es decir, su objetivo es equilibrar (de forma anticipada) las pérdidas con las ganancias en términos de servicios y funciones de los ecosistemas que proporcionan los recursos de la tierra. Estos servicios y funciones de los ecosistemas también sirven para preservar o mejorar la productividad, y reforzar la resiliencia de la tierra y de las poblaciones que dependen de ella (figura 4).

Esta iniciativa propone que se determine un año de referencia (para Colombia 2015) y se evalúen tres indicadores: el primero, el "Cambio de Coberturas"; el segundo, el "Contenido de Carbono Orgánico en Suelos" (COS); y el tercero, la "Productividad Primaria", evaluada mediante la evaluación del Índice de Vegetación Diferencial Normalizado (NDVI).

Se espera que para el año 2030 se mantengan en cada uno de estos indicadores las cifras de áreas con base en el año de referencia, es decir, que no aumente la degradación, al menos en los indicadores propuestos. Colombia hizo parte del establecimiento de metas voluntarias para la región Caribe y la región Andina colombiana en áreas de interés de la Convención que corresponden a zonas secas con procesos actuales de degradación de suelos.

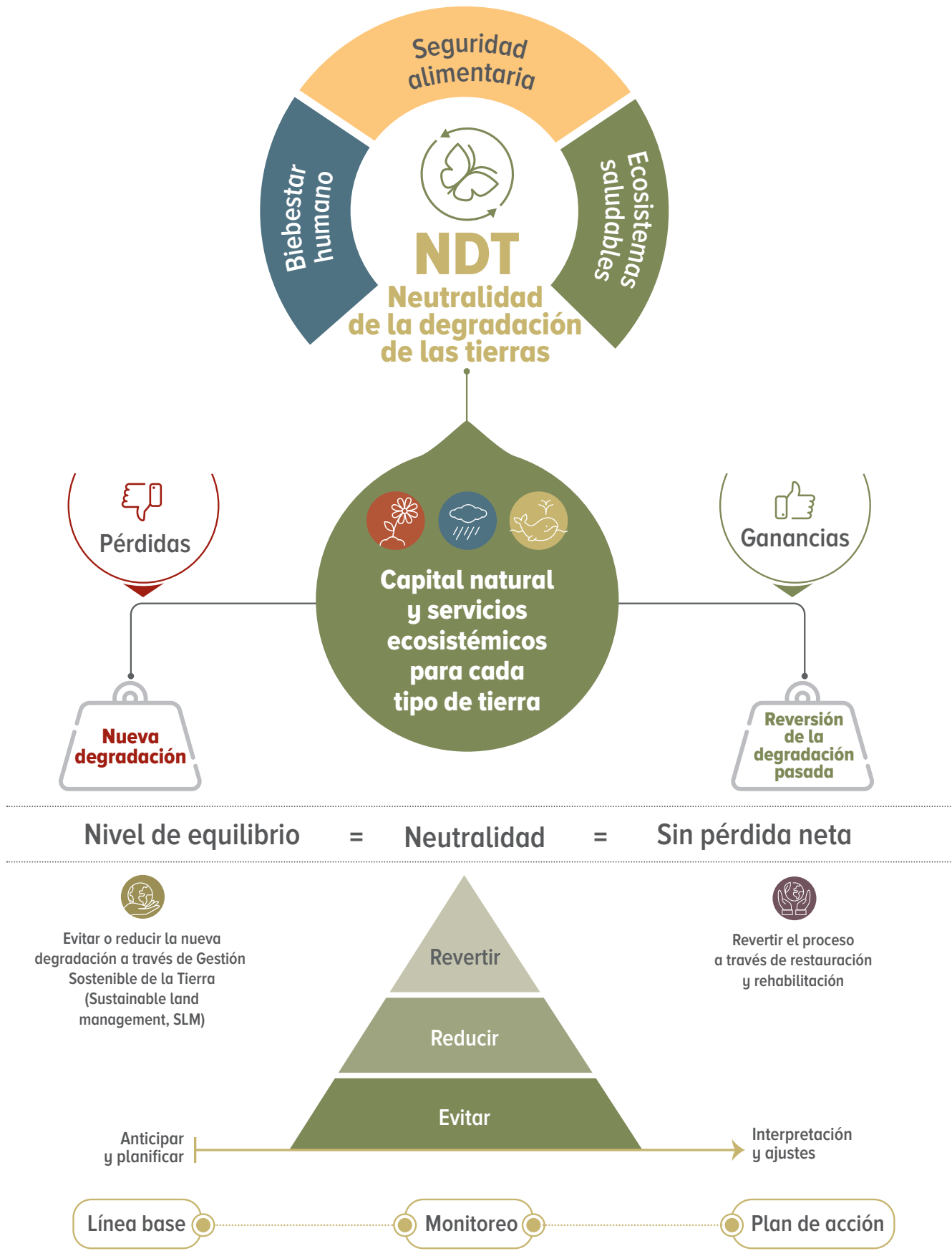



Figura 4. Elementos clave para el marco conceptual de neutralidad de la degradación de las tierras (UNCCD, 2015)
Fuente: Imagen adaptada de la UNCCD. (Tomado de UNCCD, 2017).



 **Figura 5.** Objetivos ODS y su relación con la degradación de las tierras
Fuente: Imagen adaptada de la UNCCD, 2015.



2.6.3 Objetivos del desarrollo sostenible (ODS)

En 2015 las Naciones Unidas formularon los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de cara al desarrollo potencial de las personas, el aumento de sus posibilidades y el disfrute de la libertad. En particular, el Objetivo 15 propone “Proteger, restaurar y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, el manejo sostenible de los bosques, la lucha contra la desertificación; detener y revertir la degradación de las tierras y detener la pérdida de biodiversidad”. Así, resalta la necesidad de revertir la degradación de tierras y se plantea una meta “Para 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 una degradación neutra del suelo”.



La degradación y el manejo sostenible de tierras son un desafío ambiental priorizado a nivel global que converge y hace sinergia con las tres Convenciones de Río. Problema identificado y abordado en las metas al 2020 de Aichi y en la Agenda Global 2030 de Desarrollo Sostenible.

Entre las prioridades de la Agenda Global 2030 para el Desarrollo Sostenible (United Nations Environment Programme, 2015) le corresponde al Manejo Soste-

nible de Tierras (MST/SLM) contrarrestar los procesos de degradación de tierras y sus efectos directos y colaterales sobre poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición (...) Objetivo 2 2.3. Para 2030, duplicar la productividad agrícola (...). 2.4. Para 2030, asegurar la sostenibilidad de los sistemas de producción de alimentos y aplicar prácticas agrícolas resilientes que (...) contribuyan al mantenimiento de los ecosistemas, fortalezcan la capacidad de adaptación al cambio climático, fenómenos meteorológicos extremos, sequías, inundaciones y otros desastres (...). Proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, gestionar los bosques de forma sostenible, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y poner freno a la pérdida de la diversidad biológica.

En cuanto al Objetivo específico 15.3: Para 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 una degradación neutra del suelo (...) Y el 15.5: Adoptar medidas urgentes y significativas para reducir la degradación de los hábitats naturales, detener la pérdida de la diversidad biológica (...) (ver figura 5).

La degradación de tierras, la pérdida de diversidad biológica y el cambio climático son problemas globales que se encuentran inseparablemente ligados conformando un “bucle de retroalimentación” que debe abordarse a varios niveles espaciales: global, regional, nacional, subnacional y local (UNCCD, 2015).

2.6.4 Proyectos Corpoica (actualmente Agrosavia)

La Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica) (hoy Agrosavia) desde la década del noventa ha trabajado en la zona del Alto Patía, o cuenca alta del río Patía, junto con la Asociación de municipios del Alto Patía (Asopatía) y con apoyo de universidades de la región (Universidad del Cauca y Universidad de Nariño) con el objetivo de plantear y establecer estrategias para el desarrollo sostenible para las zonas afectadas por procesos de erosión y desertificación. Las instituciones han estado presentes por más de diez años en la zona investigando sobre la degradación de suelos y desertificación, caracterización de los componentes biofísicos regionalmente (ajuste de suelos, cobertura, clima, entre otros), la determinación de zonas susceptibles de degradación de suelos por erosión con modelos regionales, determinación de índices de aridez, evaluación de degradación física de suelos y proyectos de implementación de sistemas productivos adaptados a condiciones de sequía. Adicionalmente, se ha evaluado el componente social y de prácticas sustitutas a cultivos ilícitos. El enfoque de trabajo ha sido interdisciplinario, y el área de estudio, la cuenca alta del río Patía o alto Patía.

2.6.5 Acciones realizadas por las corporaciones autónomas regionales

En el marco de la implementación del Plan de acción nacional de lucha contra la desertificación y la sequía en Colombia (PAN), se han realizado diversos esfuerzos por parte de las corporaciones autó-

nomas regionales, las cuales se describen a continuación

● **Corpocezar**

La Corporación Autónoma Regional del Cesar (Corpocezar) ha venido formulando e implementando el “Plan de acción de lucha contra la desertificación y la sequía” en su jurisdicción. Inicialmente se formuló el plan en el 2010 y se realizó la evaluación de la desertificación para el departamento del Cesar, así como algunas acciones de reforestación y restauración para revertir el proceso. En el Plan de Acción Institucional 2016-2019 se priorizó la línea de trabajo del programa “Conservación y recuperación del suelo para el desarrollo sostenible”, que articula el ODS 15 para promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y frenar la pérdida de la diversidad biológica. Recientemente se están actualizando el “Plan de acción regional de desertificación” y la evaluación de la degradación de suelos por erosión.

● **Cortolima**

Desde 2010 Cortolima ha venido trabajando en la zonificación y formulación del “Plan de ordenamiento ambiental de 500.000 hectáreas de zonas secas en el departamento del Tolima”, en los municipios de Prado, Purificación, Saldaña, Guamo, Ortega, San Luis, Valle de San Juan, Rovira, Espinal, Flandes, Suárez y Coello. Por otra parte, teniendo en cuenta el importante papel que juegan los humedales en la prevención de la desertificación y la sequía de la tierra, Cortolima adelantó la identificación, caracterización, zonificación y plan de manejo del complejo de humedales naturales en el valle cálido de la Magdalena, departamento del Tolima, espacio territorial de los municipios de Ambalema, Mariquita, Armero-Guayabal, Lérida, Coello, Piedras, Guamo, Natagaima, San Luis, Rovira, Melgar, Ortega y Cunday.

● **CAR**

La Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) ha venido trabajando en la última década en el desarrollo de metodologías y diagnósticos sobre los distintos procesos de degradación de suelos relacionados con erosión, salinización, compactación y desertificación. El grupo de suelos se ha fortalecido y ha aplicado los protocolos a nivel local de erosión y salinización (Ideam 2015, 2017). Las metas de la CAR en los temas de desertificación para el siguiente cuatrienio se están armonizando con el PAN y las metas voluntarias de NDT asumidas por el país.

El proyecto Checua/Procas fue implementado por la CAR con el apoyo del Ministerio Alemán de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ) a través de la Agencia Alemana de Cooperación Técnica (Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit, GTZ) y del Banco Alemán para la Reconstrucción (Kreditanstalt für Wiederaufbau, KfW).



El proyecto Checua se desarrolló en cinco fases durante tres décadas, durante las cuales se realizaron acciones para estabilizar zonas degradadas y prevenir el avance de la erosión mediante procesos de participación comunitaria y capacitación para el manejo y conservación de los suelos y aguas y la construcción de obras biomecánicas que aumentan la capacidad de retención de agua en la cuenca y favorecen el desarrollo de la cobertura vegetal.

En la primera década, con énfasis en el control de erosión, el más destacable es la reducción del 93 % de la carga de sedimentos aportada por la cuenca del río Checua al río Bogotá y por ende a la planta de tratamiento de agua potable para Bogotá, Tibitó, sin dejar de lado la regulación del caudal del río Checua y la estabilización de las cárcavas en la misma cuenca.

En la segunda década, a partir 1995 y paralelamente a la continuación de trabajos de estabilización de zonas fuertemente degradadas en la cuenca de la laguna de Fúquene, el proyecto se orientó a la conservación de agua y suelo en forma preventiva (Procas) desarrollando y adaptando la tecnología de labranza mínima, siembra directa, rotación con abonos verdes y renovación de praderas para la zona andina. Estas tecnologías, conocidas también como agricultura y ganadería de conservación, que en el mundo y especialmente para los trópicos tienen año tras año más adeptos, se difundieron a través de la cooperación horizontal a otras corporaciones autónomas regionales a partir de 1999, logrando un importante efecto multiplicador.

Los beneficios de esta tecnología no se limitan solo a la prevención de la erosión del suelo, pues tiene también efectos positivos sobre el ciclo del agua, la biodiversidad, la acumulación de carbono en el suelo; aporta a la conservación del páramo; previene los procesos de desertificación; contribuye a la producción más limpia; mantiene y mejora la fertilidad del suelo; contribuye a la seguridad alimentaria; aumenta los ingresos y la estabilidad de las familias rurales. Todos, temas relevantes para un desarrollo sostenible.

De esta forma, las experiencias del proyecto no se quedan limitadas a la zona erosionada inicial, sino que se difunden a otras regiones del país.

Otras CAR han empezado a realizar estudios sobre los problemas de la deser-



tificación en sus jurisdicciones, se resalta las iniciativas de:

- CRC en la zona secas del Patía y Mercaderes con proyectos de diagnóstico de la desertificación y repoblamiento forestal en zonas erosionadas.
- Corpoguajira con los programas de ordenamiento ambiental y gestión del riesgo y cambio climático; además los proyectos de bosque seco y gestión integral del recurso hídrico.

2.6.6 Proyecto soporte a las decisiones para el manejo sostenible de tierras SD-SMT

El proyecto “Soporte a las decisiones para la integración y ampliación del manejo sostenible de tierras SD-SLT” es un GEF que busca aumentar el suministro de bienes y servicios de los ecosistemas 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, el manejo integrado y la eficiencia en la utilización de los recursos naturales.

Este es un proyecto global que involucra a 15 países (Asia: Bangladés, China, Filipinas, Tailandia; África: Nigeria, Lesoto, Túnez, Marruecos; Latinoamérica: Argentina, Colombia, Ecuador, Panamá; Europa del este, Europe/centro-Asia: Bosnia-Herzegovina, Turquía, Uzbekistán) (Schlingloff, 2016).

En Colombia el proyecto se desarrolló por medio de un convenio suscrito entre la UPRA y la FAO que busca proporcionar asistencia técnica para el desarrollo del proyecto “Soporte a la toma de decisiones para la integración y ampliación de manejo sostenible de la tierra”.

El enfoque principal de LADA-WOCAT (evaluación de la degradación de las tierras en zonas secas) es el desarrollo de herramientas de evaluación y degrada-

ción de las tierras y de MST. Por su parte, el World Overview of Conservation Approaches and Technologies (WOCAT) tiene como objetivo principal fomentar y apoyar el manejo sustentable de tierras, enfocado principalmente en la conservación de suelo y agua.

La asociación LADA-WOCAT ha generado varias herramientas metodológicas relacionadas con el mapeo de la degradación de las tierras, los enfoques para la conservación y las tecnologías para manejo sostenible de las tierras. El proyecto apunta a crear un modelo para la reducción de la degradación de tierras a través de una estrategia que se basa en la implementación de un modelo de gestión territorial para el MST a nivel local.

La implementación del proyecto en Colombia logró resultados importantes donde aplicó las herramientas LADA-WOCAT. Se evaluó la degradación de tierras a nivel subnacional en cuatro departamentos de la región Caribe y a nivel local en el municipio de San Juan Nepomuceno, en el departamento de Bolívar. También se implementaron prácticas de manejo sostenible en cuatro sitios en Montes de María y el sistema cenagoso del bajo Sinú. Estas prácticas arrojaron buenos resultados, que fueron evaluados con indicadores de impacto. La descripción y resultados de estas prácticas, junto con sus indicadores, se documentaron en los formatos de WOCAT y se encuentran registrados en la base de datos mundial.







3. ALCANCE

El Protocolo para la identificación y evaluación de la degradación de suelos por desertificación busca proponer y adoptar las bases conceptuales y metodológicas para identificar, zonificar, analizar y evaluar los procesos de degradación de suelos por desertificación en el país a nivel nacional, regional y local (figura 6). En ese sentido, este documento ofrece los elementos necesarios para:

- Reconocer los procesos y manifestaciones de la degradación de suelos por desertificación.
- Elaborar un modelo sobre susceptibilidad a los procesos de desertificación.
- Elaborar la zonificación de unidades homogéneas de desertificación por grado y tipos de procesos dominantes a nivel nacional, regional y local.
- Realizar la evaluación de su estado, sus causas y consecuencias desde lo social, económico y ecológico.
- El protocolo se constituye en el principal referente para emprender los procesos de monitoreo y seguimiento de la degradación de suelos por desertificación.

De acuerdo a lo anterior, el presente protocolo formula tres aspectos importantes:

- ① Un desarrollo metodológico conformado por fases, etapas y actividades.
- ② Una propuesta de recomendaciones para implementar el protocolo en la línea base y el proceso posterior de monitoreo y seguimiento.
- ③ Los lineamientos para el control, neutralidad y manejo sostenible de los suelos para evitar el aumento en la desertificación.

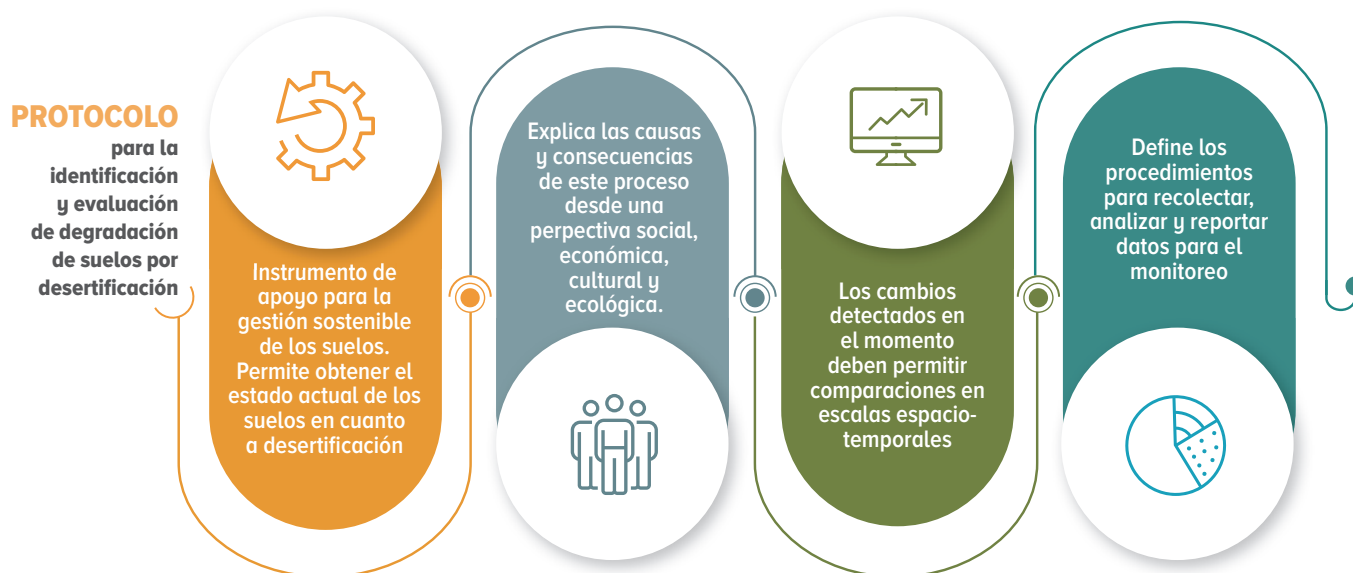


Figura 6. Objetivos y alcance del protocolo. Fuente: Ideam, 2019.

3.1 ¿Para quién es el Protocolo?

El Protocolo está dirigido, en primera instancia, a las instituciones encargadas de realizar los estudios de desertificación en el país y, en segunda instancia, a todos aquellos encargados de difundirlo y desarrollarlo. En ese sentido, los primeros usuarios son las autoridades ambientales, la academia y los centros de investigación de los principales sectores de la producción nacional. Igualmente, a todas aquellas instituciones o personas que lo consideren necesario para el mejor conocimiento o manejo técnico-científico de los procesos de desertificación de suelos.

La difusión está a cargo de las entidades del Sistema Nacional Ambiental (Sina), en cabeza del Minambiente y bajo

la coordinación del Ideam y las corporaciones autónomas regionales. También debe intervenir el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, junto con sus instituciones vinculadas, así como las instituciones asociadas a actividades mineras o contaminantes.

3.2 ¿Quiénes ejecutarán y supervisarán la implementación del Protocolo?

- Las instituciones componentes del Sistema Nacional Ambiental (Sina).
- Los ministerios de Agricultura y Desarrollo Rural, de Ambiente y Desarrollo Sostenible, y de Minas y Energía.

- Las entidades territoriales: departamentos, municipios y demás instituciones político-administrativas.
- Gremios u organizaciones agrícolas, pecuarias, mineras, pesqueras, silvícolas y de explotación de recursos naturales.
- Las asociaciones de distritos de riego y demás usuarios de sistemas de riego de baja escala.
- Organizaciones no gubernamentales (ONG) de los sectores ambiental, agrícola, pecuario, minero.
- También se pueden involucrar instituciones educativas públicas y privadas, industrias de agroquímicos y entidades prestadoras de servicios públicos con énfasis en manejo de aguas residuales.





4. OBJETIVOS

El principal objetivo de este protocolo es determinar las bases conceptuales, los métodos, los procedimientos y técnicas necesarios para identificar y evaluar la degradación de los suelos por desertificación nacional, regional y localmente, con el fin de elaborar la línea base y su consecuente monitoreo y seguimiento de este proceso por medio de indicadores.

Para este propósito, se plantean los siguientes objetivos específicos:

- ① Definir un marco conceptual que sustente la metodología para la identificación, zonificación, análisis y evaluación de la degradación de suelos por desertificación.
- ② Formular métodos y procedimientos para delimitar, caracterizar, clasificar y generar indicadores de desertificación de los suelos.
- ③ Describir los procesos, las técnicas y las herramientas adecuadas para la identificación, zonificación, análisis y evaluación de la degradación de suelos por desertificación en los distintos niveles de análisis: nacional, regional y local.
- ④ Formular los indicadores de presión, estado e impacto para el monitoreo y seguimiento de los procesos de degradación de suelos por desertificación.
- ⑤ Dar recomendaciones de orden técnico para el proceso de monitoreo y seguimiento del proceso de desertificación a distintos niveles de análisis.
- ⑥ Definir lineamientos para el control y manejo de la degradación de los suelos para evitar y mitigar la desertificación, que permita metas de neutralidad.



5. MARCO DE REFERENCIA

5.1 Marco conceptual

5.1.1 Conceptos básicos sobre suelo, tierra, degradación

Tierra: La FAO (2000) define la tierra como “un área delineable de la superficie terrestre del planeta tierra, que comprende todos los atributos de la biósfera inmediatamente sobre o debajo de esta superficie incluyendo aquellos del clima cercano a la superficie, las formas del suelo y terreno, la hidrología superficial (incluyendo lagos someros, ríos, ciénagas y pantanos), las capas sedimentarias cercanas a la superficie y las reservas de agua subterránea asociadas, la población de plantas y animales, el diseño de asentamientos humanos y los resultados físicos de actividad humana pasada y presente”.

Suelo: El concepto científico de suelo “es un cuerpo natural que comprende a 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 habilidad de soportar plantas en un ambiente natural” (Soil Survey Staff, 2014).

Degradación de suelo: Es “la reducción o pérdida de la productividad y diversidad biológica o económica de los suelos, con disminución de su capacidad para mantener ya sea la vegetación natural, como así también los cultivos hechos por el hombre, es decir, reduciendo la capacidad del suelo para sostener un uso determinado”.

La degradación del suelo, según la FAO, se define como un cambio en la salud del suelo resultando en una disminución de la capacidad del ecosistema para producir bienes o prestar servicios para sus beneficiarios. Los suelos degradados contienen un estado de salud que no pueden proporcionar los bienes y servicios normales del suelo en cuestión en su ecosistema (FAO consulta página web, 2019).

Degradación de tierras: Se define según la Convención de las Naciones Unidas para la Lucha Contra la Desertificación (UNCCD) como un proceso natural o una actividad humana que causan la incapacidad de la tierra para sostener adecuadamente



las funciones económicas y/o las funciones ecológicas originales (FAO, 1998 en LADA, 2003).

Zonas áridas: Se definen según la UNCCD, por un rango anual de P/PET comprendido entre 0,05 y 0,65. Si bien existen objeciones científicas para el uso de estas relaciones, así como también para los rangos a que se aplican, se ha considerado que para los objetivos del proyecto LADA son aceptables. Es necesario notar que los verdaderos desiertos ($P/PET < 0,05$) no son parte de las tierras áridas excepto si reciben un abastecimiento adicional de agua (LADA, 2003).

Tierras áridas, secas y subhúmedas secas: Son todas aquellas tierras o ecosistemas que se caracterizan por tener sequías en una o varias temporadas al año, donde el agua suele ser el principal factor limitante para la producción biológica, y por ende económica.

Sequía: Es la insuficiente disponibilidad de agua en una región determinada, por un periodo prolongado, para

satisfacer las necesidades de los elementos bióticos elementales.

Desierto: Tipo de bioma o regiones en las que la precipitación pluvial es muy poca (menor de 25 cm anuales), o puede haber un poco más de lluvia, pero esta no se distribuye uniformemente en el transcurso del año, y hace que el crecimiento vegetal sea de escaso a nulo (Biomás del mundo, 2009). Algunos ejemplos son las vastas regiones del Sahara central y septentrional y el desierto de Atacama, en Chile y Perú.

5.1.2 Definiciones de desertificación, desertización y sequía

El término “desertificación” fue utilizado por primera vez en 1949 por Aubreville refiriéndose a un estado de degradación de las tierras en las cuales se genera la formación de ambientes desérticos. Se reportan muchas definiciones de desertificación; la de Odingo y Rozanov (1990),

“degradación de tierras en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas resultantes principalmente del impacto humano adverso”, es la base para la definición posterior de la UNEP en 1990.

La Convención de las Naciones Unidas de Lucha Contra la Desertificación y la Sequía (UNCCD) define en el artículo 1.º este proceso como “la degradación de las tierras de zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, resultante de diversos factores, tales como las variaciones climáticas y las actividades humanas”.

El estudio Evaluación de ecosistemas del Milenio (Millenium Ecosystem Assessment) generó el documento Síntesis de Desertificación (2005), en el cual la desertificación consiste en una degradación persistente de los ecosistemas de las tierras secas producida por las variaciones climáticas y la actividad del hombre.

La desertificación es un concepto usado para comprender las formas más agudas de degradación de los ecosistemas basados en la tierra y de las consecuencias de la pérdida de sus servicios.



Figura 7. Diferencia entre desertización y desertificación.
Elaboración propia (Idea: autores. Ilustración Camilo Sánchez).

La sequía es el asesino silencioso, la catástrofe natural que se olvida demasiado fácilmente (MEA, 2005).



La desertificación se considera una disminución irreversible a escala temporal humana de los niveles de productividad de los ecosistemas terrestres, como resultado de su sobreexplotación o uso y gestión inapropiados en zonas áridas y proclives a la sequía. Este concepto se centra sobre los ecosistemas (incluidos los socioecosistemas) y la pérdida de los servicios ecosistémicos (MEA, 2005).

De otro lado, el “Plan de acción nacional de lucha contra la desertificación y la sequía para Colombia” (PAN) (Minambiente-Ideam-PNUD, 2004), de acuerdo con la definición adoptada en el PAN, la desertificación es la última etapa del proceso de degradación de las tierras debido a su mal manejo. La degradación se inicia con la reducción de la productividad y termina con la pérdida total del suelo; cuando esto sucede, la desertificación es prácticamente irreversible.

Diversos elementos han contribuido a la rápida pérdida y degradación de los ecosistemas, especialmente los secos, en el país: la deforestación, minería, ganadería intensiva y extensiva, desarrollo urbano, extracción y comercio de fauna y flora, sistemas de producción inadecuados, uso inadecuado de fuentes de agua superficial y subterránea, quemadas indiscriminadas y cultivos ilícitos. Han producido procesos como erosión, com-

pactación o lixiviación de nutrientes, contaminación, salinización y sodificación.

Los efectos de la desertificación afectan directamente actividades ganaderas y agropecuarias, el agua, los asentamientos humanos, la biodiversidad, entre otros.

De acuerdo al trabajo realizado en la primera propuesta de protocolo de desertificación (M, IGAC, Ideam, 2010), la definición que se acordó al finalizar la mesa de trabajo de los talleres realizados en la construcción de este protocolo es “La degradación de las tierras corresponde a aquellas condiciones que reflejan una pérdida del equilibrio natural reflejado en la disminución de las funciones ambientales, que a su vez repercute en el debilitamiento de la economía y en el cambio de la estructura social, ocasionado por la ocupación del territorio, el cual propicia la erosión, salinización y/o compactación entre otras; cuando estas condiciones se evidencian en zonas áridas, semiáridas,

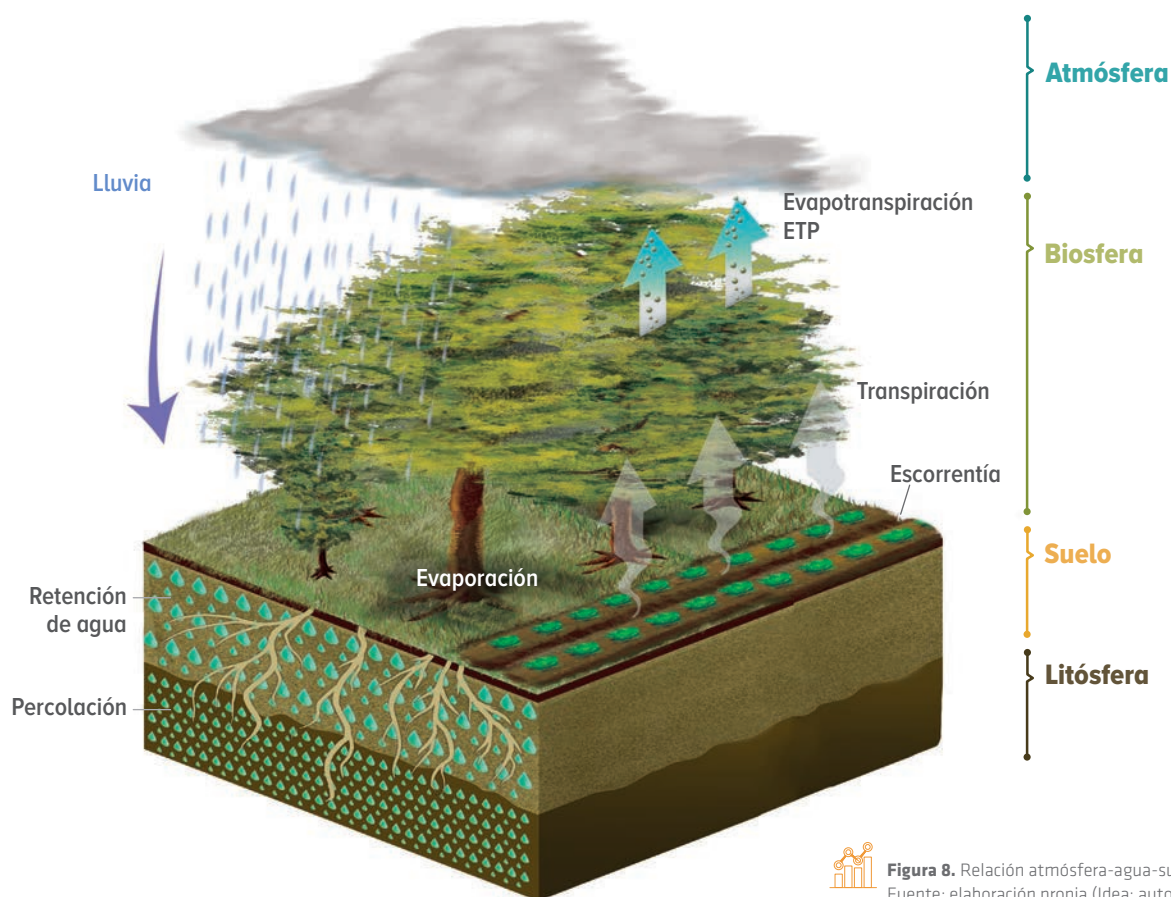


Figura 8. Relación atmósfera-agua-suelo-biota. Fuente: elaboración propia (Idea: autores. Ilustración Camilo Sánchez).

subhúmedas a secas se denomina Desertificación”.

Definición de desertización

La desertización es el proceso evolutivo natural de una región hacia unas condiciones morfológicas, climáticas y ambientales conocidas como desierto.

Los factores que causan la desertización son de diversa índole: astronómicos (como los ciclos de Milankovic), geomorfológicos (orogenia, distribución de las masas continentales) y dinámicos (relacionados con la actividad geológica y biológica de la Tierra) (Costa, M. et al., 2009).

La desertización es un fenómeno que se produce sin la intervención humana, a diferencia de la desertificación (ver figura 7).

El término desertización procede del latín, específicamente del verbo deserre, que significa “abandonar”. Por otro lado, el término es comúnmente confundido con la desertificación, este último es un proceso similar a la desertización, pero sus causas son atribuidas a la acción directa de la mano del hombre.

5.1.3 Concepto de desertificación adoptado para el protocolo

La definición de desertificación propuesta para el contexto de este protocolo corresponde a

“La degradación de las tierras¹ 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 ambientales², la productividad biológica³ y económica, poniendo en peligro la biodiversidad y la supervivencia de las comunidades humanas”.

¹ Tierras desde un enfoque ecosistémico: caracterizadas y delimitada por los ecosistemas.

² Funciones ecológicas se relacionan con los servicios ecosistémicos, en particular regulación hídrica.

³ Con énfasis en la producción de biomasa, traducida a crecimiento y cobertura vegetal.

De acuerdo a esta definición, se pueden tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- La desertificación es un proceso de degradación de tierras, con énfasis en las relaciones hídricas, considerando la fragilidad de las zonas secas.
- Lo que se degrada son las funciones ecológicas, traducidas a los servicios ecosistémicos relacionados con el agua.
- Las modificaciones se realizan en las relaciones suelo-agua-biota (plantas, micro y mesoorganismos)-atmósfera, las cuales repercuten en la disminución de la producción primaria neta o biomasa, y por ende en la producción económica para sistemas productivos (ver figura 8).
- El principal servicio ecosistémico afectado es la regulación del ciclo del agua, en particular en los suelos como principal almacenador y rete-



nedor de agua disponible para el crecimiento vegetal.

- Las principales propiedades para tener en cuenta en la regulación del agua en el suelo son el almacenamiento y la retención: saturación, capacidad de campo, punto de marchitez y humedad aprovechable o útil.
- Estas propiedades están relacionadas con la textura, estructura, el contenido de materia orgánica y las dinámicas hídricas como la infiltración, conductividad hidráulica y sortividad, entre otros.
- Estas relaciones se ven afectadas por la pérdida de volumen en el suelo (erosión, compactación), como también por la dispersión y relaciones osmóticas determinadas por las sales (salinización). Y se pueden perder totalmente por el sellamiento permanente con construcciones o infraestructura (por ejemplo, carreteras).
- Las principales causas de esta afectación (a las relaciones suelo-agua-biota) están emparentadas con el uso y sus prácticas, al modificar las características originales de cobertura y suelos.

5.1.4 Importancia, funciones y servicios ambientales de los suelos y tierras

El suelo, como capa superior de la corteza terrestre, desempeña una serie de funciones claves, tanto ambientales como sociales y económicas, que resultan fundamentales para la vida. Entre ellas cabe mencionar (CCE, 2002) (ver figura 9):

- Suministra agua, nutrientes y soporte físico para la agricultura y la silvicultura. De hecho, es la base del 90 % de producción de alimentos, forraje, fibras y combustible.
- Protege y regula el agua y favorece el intercambio de gases con la atmósfera.

- Sostiene la actividad y la producción biológica, regula el flujo de agua y solutos, filtra y amortigua los materiales orgánicos e inorgánicos.
- Constituye un hábitat biológico y reserva genética de muchas plantas, animales y organismos.
- Hace parte de la dimensión espacial del desarrollo de asentamientos humanos. Por ejemplo, determina la construcción de viviendas e infraestructuras o de instalaciones de eliminación de residuos.
- Integra el patrimonio cultural. Elemento de la herencia cultural, que contiene restos paleontológicos y arqueológicos importantes para conservar la historia de la tierra y de la humanidad.
- Provee y es fuente de materias primas que proporcionan agua, arcilla, arena, grava, minerales, etc.

El concepto de calidad de suelo ha sido relacionado con la capacidad de este para funcionar. Según Bautista et al. (Bautista Cruz & Etchevers Barra, 2004), "la calidad del suelo incluye atributos como fertilidad, productividad potencial, sostenibilidad y calidad ambiental, constituyéndose en un instrumento que sirve para comprender la utilidad y salud de este recurso. El término calidad del suelo se empezó a acotar al reconocer las funciones del suelo: (1) promover la productividad del sistema sin perder sus propiedades físicas, químicas y biológicas (productividad biológica sostenible); (2) atenuar contaminantes ambientales y patógenos (calidad ambiental); y (3) favorecer la salud de plantas, animales y humanos (Doran & Parkin, 1994)". En consecuencia, la calidad del suelo es la capacidad de un tipo específico de suelo para funcionar dentro de los límites de un ecosistema natural o tratado para sostener la productividad de plantas y animales, mantener o mejorar la calidad del agua y del aire, y sustentar la salud

humana y su morada (Bautista Cruz & Etchevers Barra, 2004).



Con el fin de mantener las numerosas funciones del suelo, es imperativo preservar su calidad, sobre todo si se tiene en cuenta que se trata de un recurso limitado y no renovable, que no se recupera del deterioro con facilidad (Agencia Europea de Medio Ambiente, AEMA, 2002). Además, atributos como la capacidad de amortiguación, la tolerancia a diferentes presiones y la filtración y degradación de contaminantes hacen que los daños solo puedan ser percibidos en fases muy avanzadas.

Estas complejas particularidades precisan advertir que algunas de las actividades humanas, sumadas al impacto del cambio climático (Comisión de las Comunidades Europeas - CCE, 2002), están contribuyendo a la degradación de este importante sistema natural.

Según la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (MEA), los servicios ecosistémicos comprenden:

- La provisión de alimentos, agua, madera, fibras y recursos genéticos esenciales para la población humana, la industria y la ciencia.
- La regulación de la oferta y calidad del agua, así como del clima, las inundaciones, las plagas y las enfermedades.
- Los servicios culturales, tales como recreación y valores estéticos y espirituales o religiosos.

- 4 Los servicios de soporte, necesarios para mantener los demás beneficios (por ejemplo, la formación de suelos y la polinización).

Desde un punto de vista ecológico, el suelo es el subsistema de los ecosistemas terrestres en donde se realiza principalmente el proceso de descomposición, fundamental para la reobtención y reciclado de nutrientes que aseguren el otro gran proceso vital: la producción, que se manifiesta para nosotros claramente en el subsistema epigeo (Progeo, 2016).

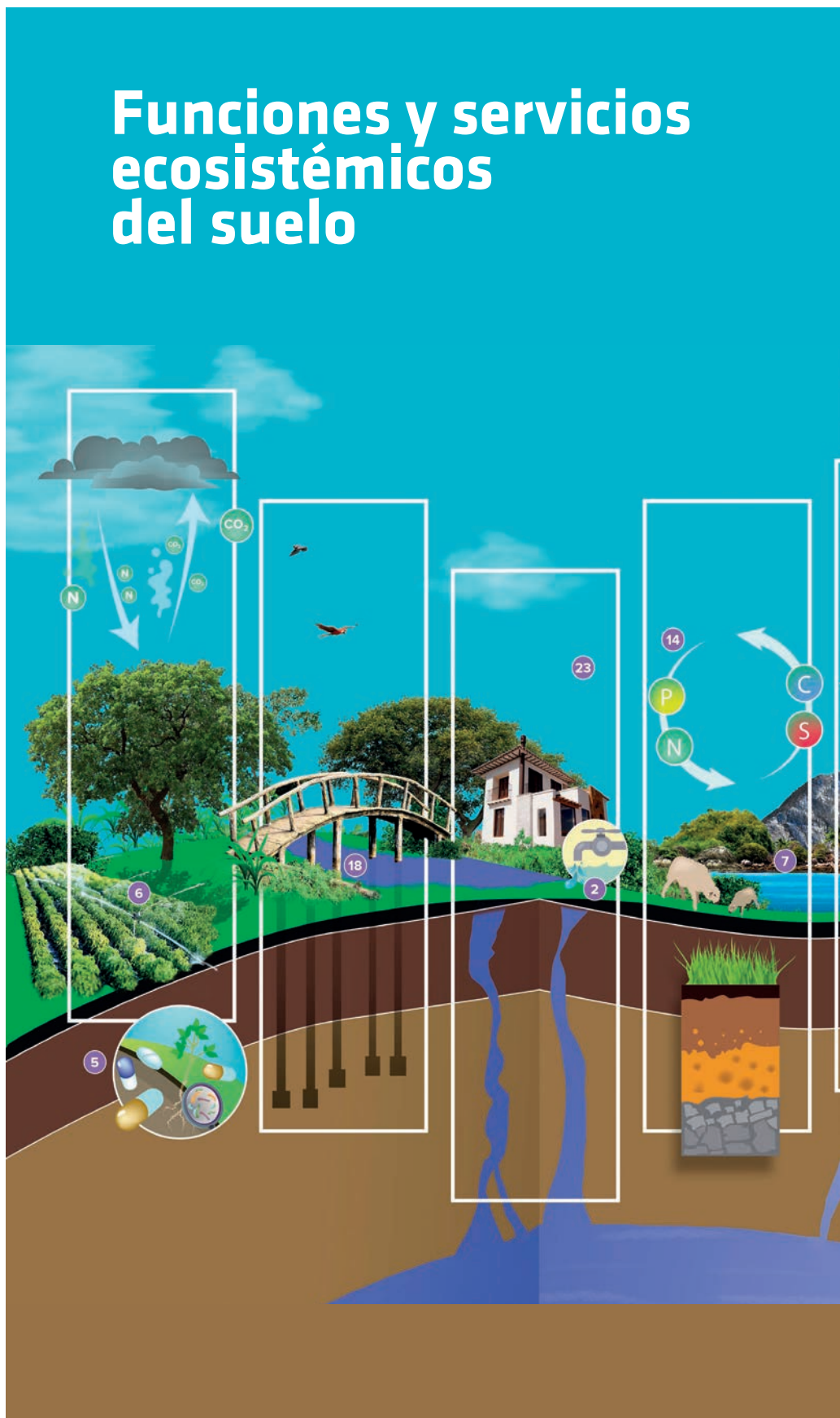
Es evidente que los suelos juegan un papel importante en la mayoría de estos servicios. Además de su función ya señalada en la provisión de alimentos, fibras y recursos genéticos, contribuyen a la regulación hídrica y climática (por ejemplo, como sumideros de carbono) y en general en los servicios de soporte relacionados con los ciclos bioquímicos y geoquímicos que se realizan en ellos. En consecuencia, la degradación del suelo puede tener efectos como los siguientes:

- Aumento de escorrentía e inundaciones.
- Disminución en la producción de alimentos.
- Pérdida de calidad de los recursos naturales.
- Reducción de biodiversidad edáfica.
- Alteraciones en los ciclos de nutrientes
- Falta de regulación en desastres naturales.

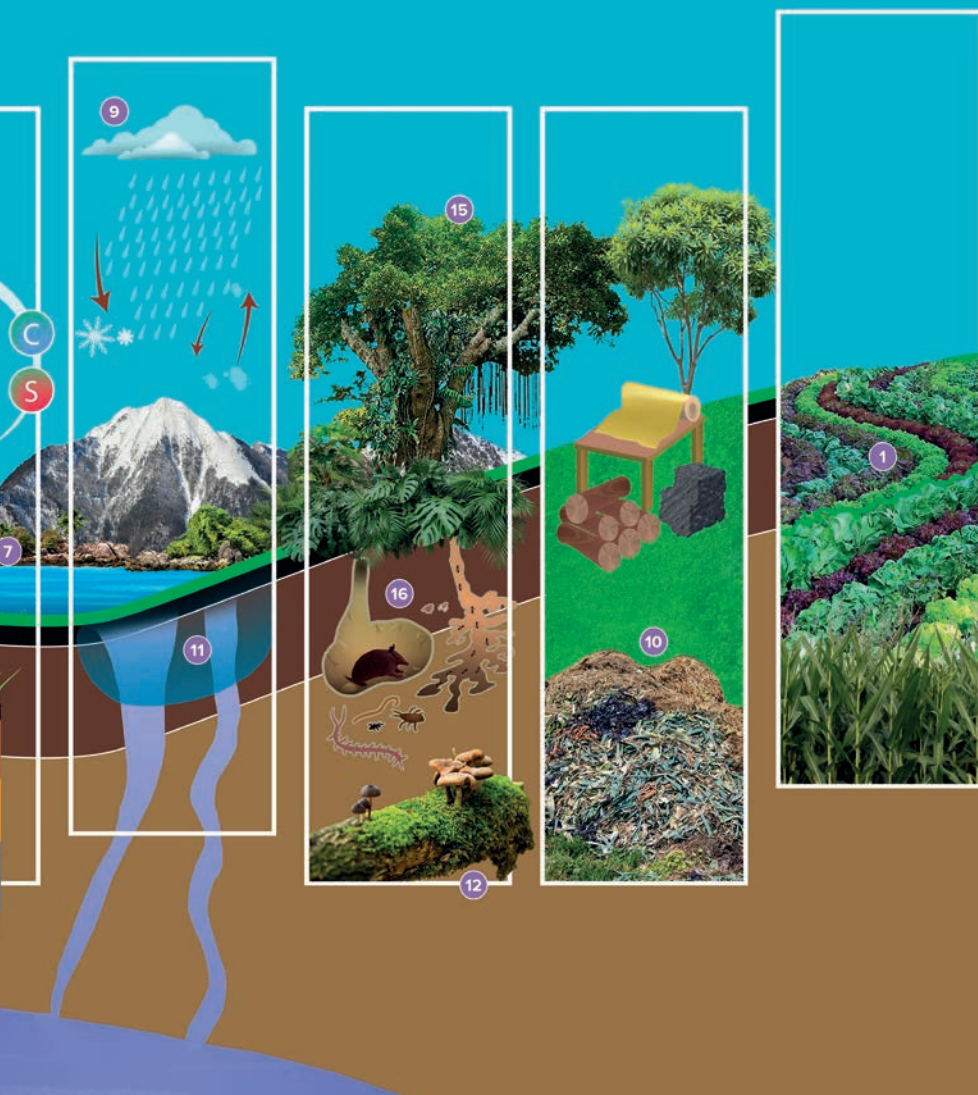
Debido a estos serios impactos, cualquier esfuerzo de gestión ambiental debe reconocer la transversalidad de este recurso.

5.1.5 Causas y consecuencias de la desertificación

Las presiones o causas que generan procesos de degradación de suelos por desertificación pueden ser de origen natural y antrópicas, ambas generan unas



El suelo desempeña una serie de funciones, tanto ambientales como sociales y económicas, que resultan fundamentales para la vida (FAO, 2015).



Servicios

Provisión

- 1 De alimentos. La mayor parte de los alimentos que consumimos proviene del suelo. En el suelo se inicia la cadena alimenticia de la vida terrestre.
- 2 De agua potable.
- 3 Provee y es fuente de materias primas, forrajes, fibras y combustibles.
- 4 De materiales para construcción (arcilla, arena, grava, minerales, madera, etc.).
- 5 De productos medicinales y recursos genéticos.
- 6 De agua, nutrientes y soporte físico para la agricultura y la silvicultura.

Regulación

- 7 Es el componente principal en el ciclo hidrológico, pues se encarga de capturar, filtrar, purificar, almacenar y regular el agua.
- 8 Favorece el intercambio de gases con la atmósfera. Captura y retiene CO₂ y gases de efecto invernadero.
- 9 Regula el clima mediante captura y retención de carbono.
- 10 Filtra y amortigua los materiales orgánicos e inorgánicos.
- 11 Filtra y descompone contaminantes.
- 12 Descompone materia orgánica.
- 13 Regula el ciclo de los nutrientes.
- 14 Controla y regula amenazas naturales (quemaduras, inundaciones, erosión, etc.).

Soporte

- 15 Sostiene la actividad y la producción biológica.
- 16 Hábitat biológico y reserva genética de plantas, animales y organismos.
- 17 Hace parte de la dimensión espacial del desarrollo de asentamientos humanos. Por ejemplo, determina la construcción de viviendas e infraestructuras o de instalaciones de eliminación de residuos.
- 18 Base para las infraestructuras humanas.

Culturales

- 19 Herencia cultural: integra el patrimonio cultural. Elemento de la herencia cultural, que contiene restos paleontológicos y arqueológicos importantes para conservar la historia de la tierra y de la humanidad.
- 20 Belleza escénica y paisajística relevante para la calidad de vida.
- 21 Turismo y recreación.

Científicos

- 22 Permite reconocer en la historia de la naturaleza cambios en biodiversidad y en eventos climáticos y otros naturales.
- 23 Investigaciones sobre minerales, gases, biodiversidad para alternativas en diferentes campos y aplicaciones.



Figura 9. Principales funciones del suelo.
Fuente: elaboración propia (Idea: autores. Ilustración Camilo Sánchez).

consecuencias en los ecosistemas y en lo socioeconómico.

Causas de origen natural

Características generales del clima: árido, semiárido y subhúmedo seco.

Efectos de la radiación solar: Aumento de los valores de reflexión en la superficie del suelo (albedo).

Características del régimen de lluvias: sequedad del aire y del suelo, escasa precipitación o desigual distribución, recurrencia de periodos de sequía, variabilidad de las precipitaciones en regiones con lluvias torrenciales

Antecedentes geomorfológicos: influencia del relieve (orografía, cañones, materiales subsuperficiales).

Características del suelo: débil proceso de su formación, bajo contenido de materia orgánica, alto contenido calcáreo, eleva-

da salinidad, presencia de suelos sueltos, vulnerabilidad a la erosión hídrica y eólica.

Características fitogeográficas: baja densidad de cobertura vegetal, desarrollo estacional, escasa producción de biomasa, predominio de especies xerófilas y suculentas.

Características hidrológicas: ausencia de o baja densidad de caudal de ríos y arroyos, preponderancia de sistemas endorreicos, recurrencia de inundaciones y encharcamientos.

Influencia de los procesos naturales de erosión hídrica y eólica.

Causas originadas por la acción humana

Manejo no conservacionista de la zona boscosa: tala y quemas irracionales de bosques para expansión de la frontera agrícola y para extracción de leña.

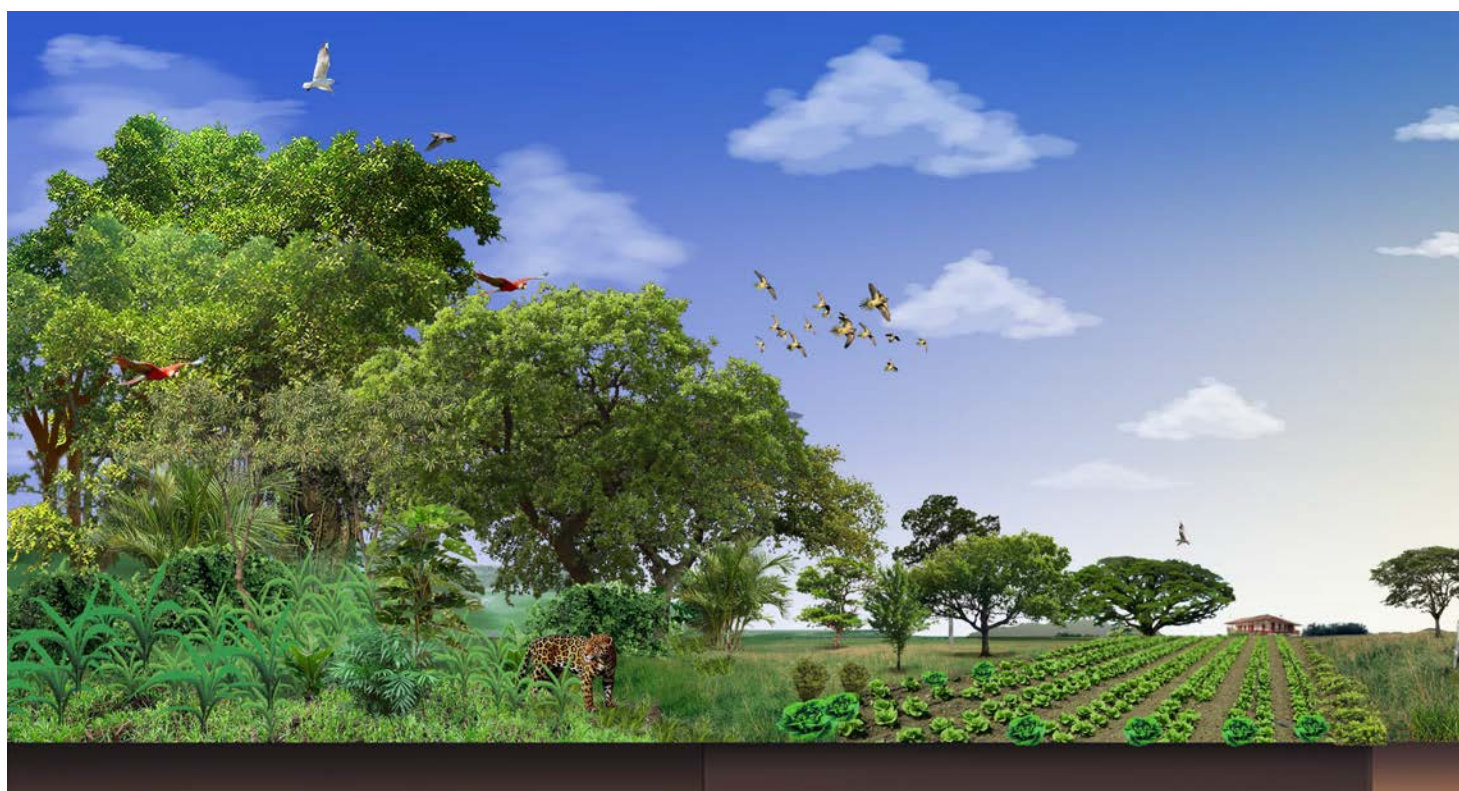
Incendios de las coberturas vegetales.

Inadecuadas prácticas de manejo: quemas de rastrojos con el propósito de enriquecer temporalmente los suelos con cenizas, lo cual, si bien produce alguna forma de mejoramiento del suelo, también mata microorganismos y afecta la evolución del suelo como cuerpo vivo.

Manejo no conservacionista de suelos: utilización de técnicas agrícolas de labranza inadecuadas; labor o excesivo con maquinaria agrícola pesada, lo que ocasiona compactación, reflejada en la disminución de la porosidad.

Empleo excesivo de plaguicidas y fertilizantes inorgánicos: causa el empobrecimiento biológico de los suelos.

Excesiva carga animal: sobrepastoreo, pisoteo, introducción inadecuada de ganado. Implementación de cultivos en zonas de pendiente fuertes mayores al 50 %.





Infraestructura vial inadecuada: trazado y tendido de caminos, inestabilidad de taludes.

Actividades mineras ilegales: prospección petrolera, manejo de residuos de hidrocarburos u otras actividades mineras.

Desarrollo de sistemas y métodos de riego inadecuado, originadores de procesos de salinización.

Monocultura agropecuaria (falta de diversidad productiva estabilizante).

Tipo de tenencia de la tierra e insuficiente estructura organizativa de los productores.

Falta o insuficiente reglamentación en el uso del suelo y del agua.

Condicionantes del orden político: ausencia de reglamentaciones para la protección en el uso de los recursos, ausencia de criterios de planificación del desarrollo regional seco, falta de planifi-

cación del desarrollo industrial, falta de organización y planificación para el desarrollo de actividades turísticas y de recreación.

- La falta de conocimiento y educación sobre las ofertas de bienes y servicios, las susceptibilidades a la degradación y los usos y manejo sostenibles de los ecosistemas secos del país.
- El desconocimiento de la agresividad de las actividades culturales de los diferentes sectores de la producción: agrícola, pecuarios, industriales, mineros y urbanos sobre los ecosistemas secos, sus ofertas, susceptibilidades, niveles de resiliencia y capacidad de acogida.
- Utilización de modelos de desarrollo y tecnologías no apropiadas para ecosistemas propios de zonas ecuatoriales.

- Desconocimiento de los usos y manejos ancestrales.
- La falta de articulación entre los planes de desarrollo de los diferentes gobiernos: los POT, planes de ordenamiento de cuencas hidrográficas, los PGAR, los POAS; las políticas de páramos, humedales, áreas protegidas; las convenciones de cambio climático; biodiversidad; lucha contra la desertificación y la sequía, entre otras, y los procesos de degradación de suelos y tierras en el país.
- Falta de investigación y socialización de proyectos exitosos de desarrollos sostenibles, de los bienes y servicios de los ecosistemas secos, de su capacidad de acogida y de tecnologías apropiadas.
- Falta de comunidades y sectores de la producción fortalecidos en el co-



Figura 10. Proceso de desertificación.
 Fuente: elaboración propia (Idea: autores. Ilustración Camilo Sánchez).

nocimiento de la problemática del proceso de la desertificación de sus tierras y comprometidas para lograr desarrollos sostenibles.

- Falta de la consolidación de un grupo coordinador que se encargue de la implementación, seguimiento y control de los planes de acción de lucha contra la desertificación y la sequía.
- Falta de seguimiento y monitoreo de la degradación de suelos y socialización y concienciación permanente sobre el problema ambiental.

Consecuencias

- Degradación de la vegetación, merma de especies, reducción de la cubierta vegetal, arbustización, disminución de especies palatables.
- Degradación del suelo: decapitamiento de los perfiles de suelo, cambios físicos, químicos y biológicos y pérdida de nutrientes.
- Aceleración de la erosión eólica (tormentas de viento, remolinos): exposición radicular, formación de lenguas de arena, dunas y pavimentos de desierto.
- Aceleración de la erosión hídrica: remoción y desmoronamiento del suelo, formación de pedestales de rocas y plantas, acanaladuras, cárcavas, montículos residuales y pavimento de desierto.
- Degradación del curso de aguas superficiales.
- Degradación del curso de aguas subterráneas: profundización de las napas.
- Salinización acentuada: exceso de sales, formación acentuada de costras de sal.
- Xerofitización en diferentes grados. Aridificación: déficit en balance hídrico, desplazamiento de la vegetación, reemplazo de especies mesofíticas por xerofíticas.
- Pérdidas económicas.
- Inseguridad alimentaria.
- Migración de la población (figura 10).



5.2 Marco de referencia metodológico

5.2.1 Antecedentes metodológicos del estudio de la desertificación

Según la Convención, la desertificación está restringida a zonas climáticas definidas mediante el índice de aridez definido por la UNEP (1987). Las zonas secas y áridas son determinadas con la relación entre la precipitación y la evapotranspiración potencial.

$$IA = P/ETP$$

Este índice indica las zonas de aridez así:

Clasificación	Índice de aridez
 Hiperárido	<0,05
 Árido	0,05-0,20
 Semiárido	0,20-0,50
 Subhúmedo seco	0,50-0,65

Internacional y con aplicación específica para Latinoamérica y el Caribe, el Centro Regional del Agua para Zonas Áridas y Semiáridas de América Latina y el Caribe (Cazalac), auspiciado por la Unesco y el Programa Hidrológico Internacional, ha desarrollado una metodología para establecer el mapa de zonas secas en América Latina y el Caribe empleando la clasificación basada en el Régimen de Aridez, obtenido a partir de la evaluación de la precipitación (P) en relación con la evapotranspiración (ET), teniendo en cuenta el número de meses con déficit, considerando un mes 'seco' cuando $P/ET < 0,5$ (Verbist et al., 2010). El mismo instituto ha desarrollado tanto el atlas de sequía mediante la metodología de aplicación del Análisis Regional de Frecuencia de Sequías (PHI-LAC, 2010) como el mapa de agresividad de las lluvias para causar procesos de degradación por erosión asociados a desertificación, basándose en los índices de Fournier mo-

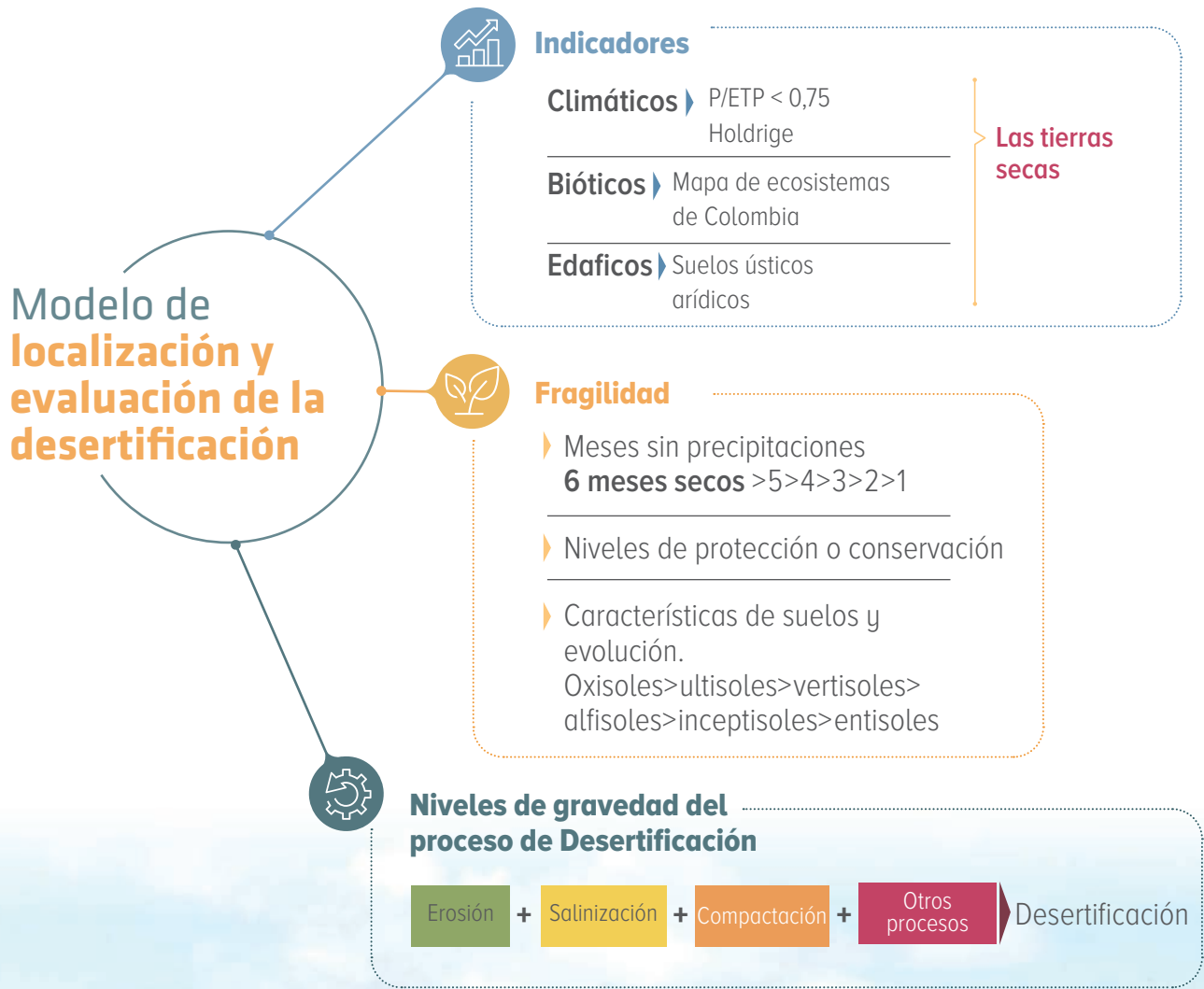
dificado (IMF) y el Índice de Concentración de la Precipitación de Oliver (Neira et al., 2010).


Nacional se han analizado índices climáticos para determinación de zonas secas en regiones donde se reportan problemas de degradación de suelos y posible desertificación. Se han usado además del índice propuesto por la convención UNEP otros índices, como De Marthonne, Emberger, Thornthwaite y Lang. El objetivo de este análisis es la selección del índice más adecuado para condiciones geográficas de Colombia, en la delineación de zonas propensas a desertificación (Neira et al., 2011). Se propone que la selección de los índices climáticos para definir zonas secas se realice con base en la relación entre los índices climáticos y el índice de vegetación usando en NDVI (Normalized Differential Vegetation Index) (Neira, 2009).

Institucional, Corpoica desarrolló estudios para el manejo sostenible de la zona árida, en los cuales se caracteriza además biofísicamente la región, se analizan los principales procesos de degradación de suelos y propuestas y alternativas de manejo sostenible.

Desde el año 2000 el Ideam ha abordado la identificación y evaluación de la desertificación a partir del modelo de la Figura 5.2, la cual está reportada en el documento Elementos de Diagnóstico y Recomendaciones de Acción para ser incluidos en el "Plan nacional de acción en la lucha contra la desertificación y manejo de ecosistemas de zonas secas en Colombia (PAN)", fase 1, Ideam, 2003 en el Atlas interactivo de la degradación de suelos y tierras por desertificación en Colombia y en los informes de país ante la CLD.

Se sugiere a los lectores consultar los documentos originales, los cuales se encuentran en la página del portal, www.siac.gov.co. En los documentos se explican las metodologías utilizadas para los indicadores climáticos, bióticos y edáficos.



 **Figura 11.** Modelo para la identificación de las zonas secas y evaluación de la degradación por desertificación
Fuente: Atlas interactivo de la degradación de suelos y tierras por desertificación, Ideam, 2005.



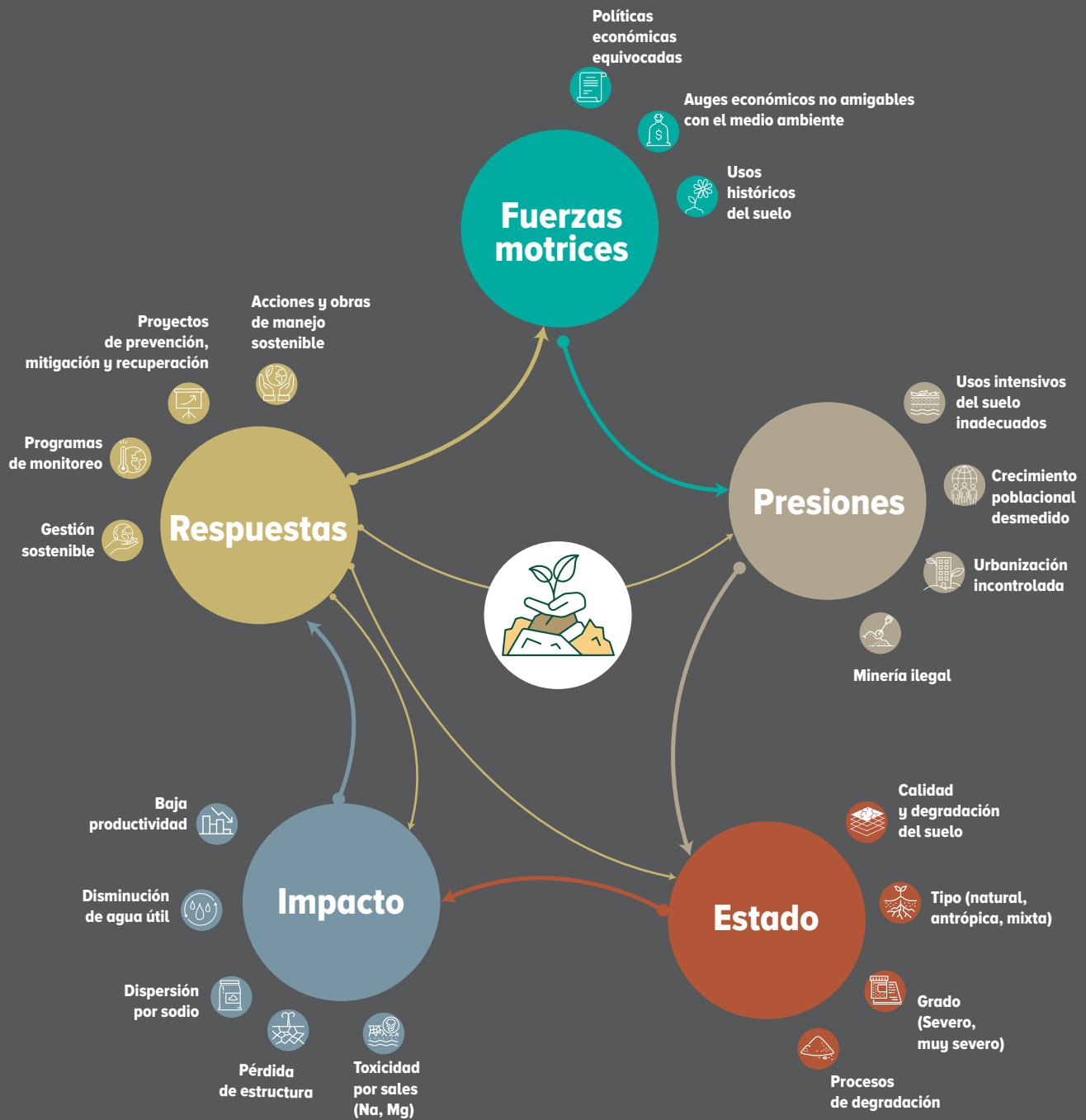


Figura 12. Modelo FPEIR y su relación con los procesos de degradación de suelos por desertificación. Fuente Ideam, 2019.



El modelo se puede separar por fases, la primera consiste en identificar las zonas o tierras secas del país o región y la segunda en evaluar los niveles de gravedad de la desertificación dentro de esas áreas secas.

Las conclusiones obtenidas en diferentes ejercicios adelantados dentro de la Convención de Lucha Contra la Desertificación y la Sequía CLD son:

- En Colombia, 24.534.200 hectáreas son zonas secas, es decir, aproximadamente el 21,5 % del país. En la región Andina las zonas secas están distribuidas en los valles y cañones en sombra de lluvia. En la región de la Orinoquia se encuentran afectadas las sabanas del Meta, Vichada, Casanare y Arauca. En la región Caribe se encuentra en sabanas, ciénagas, bosques de galería y manglares.
- En Colombia las regiones secas comprenden una gran variedad de ecosistemas que van desde los páramos en las partes más altas de las cordilleras, sobre los 3.000 m.s.n.m., hasta los manglares en la costa Caribe.
- Igualmente, hacen parte de estas regiones ecosistemas de sabana, bosques secos tropicales, zonas inundables, bosques de galería, entre otros.
- En el país, el 78,9 % de las zonas secas presentan algún nivel de degradación derivado de procesos de erosión y salinización. El área afectada tiene un cubrimiento de 193.510 km², los cuales corresponden al 16,95 % del territorio nacional.
- Con relación a la intensidad de la erosión, en zonas secas se encuentra el 50 % de las que tienen los procesos erosivos más severos. Las intensidades moderada, alta y muy alta cubren grandes extensiones en la región Caribe, las sabanas de Meta, Arauca y Vichada y los valles interandinos de

los ríos Magdalena y Cauca. Por otra parte, los suelos susceptibles de salinización en zonas secas cubren 78.277 km², es decir, el 90% de los 86.952 que tiene el país. Las zonas susceptibles de salinización abarcan gran parte de la región Caribe, los valles de los ríos Magdalena y Cauca y las marismas de mangle del litoral pacífico.

- Las cuencas que presentan mayor afectación por la desertificación se encuentran en las regiones Caribe, Andina y la Orinoquia. Las cuencas de la alta Guajira, baja Guajira y el río Cesar se ven afectadas por la desertificación en más de tres cuartas partes de su área. Otras cuencas prioritarias para el país, como la del bajo Magdalena y la de la Sabana de Bogotá, poseen un nivel de afectación superior al 50 % de sus áreas. A nivel nacional, la cuenca con mayor extensión de las zonas de desertificación es la del bajo Magdalena.
- Las cuencas de los ríos Tomo, Tuparro y Vichada, en la región de la Orinoquia, poseen un alto potencial en zonas secas propensas a la desertificación. Además, es importante resaltar que una cuenca prioritaria como es la del río Bogotá se encuentra en situación similar a la de las anteriores.

5.2.2 Modelo FPEIR como soporte para la evaluación de la desertificación

El modelo FPEIR (fuerzas motrices, presiones, estado, impactos y respuestas) o Driven Forces, Pressure, State, Impact, Response (DPSIR) es un sistema completo de organización de indicadores que permite comprender los diferentes factores que intervienen en un proceso determinado, en este caso par-

ticular la degradación de suelos por desertificación. Los elementos del modelo se relacionan 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 cobertura, entre otros). Estos dos componentes generan un
- Ⓒ Estado del recurso, en este caso de la calidad y degradación del suelo.
- Ⓓ Luego se presentan las consecuencias o impactos (pérdida de fertilidad de las tierras, baja productividad, colmatación de embalses, cambios en estructura y función del recurso).
- Ⓔ Finalmente, se generan respuestas para el control y seguimiento del estado del recurso y de toda la cadena relacional multivariable, con el fin de contrarrestar o mitigar los problemas que trae la degradación de un recurso natural.

La metodología propuesta en este protocolo está relacionada con el proceso lógico de estudio de la desertificación de suelos a distintas formas de análisis. En este sentido se parte de la adopción del marco conceptual que orienta la metodología, sustentado en la política para la gestión sostenible del suelo del Minambiente, en el marco de la estrategia de monitoreo y seguimiento a la calidad de los suelos. Es así como la línea base se desarrolla en el contexto del “Programa de monitoreo y seguimiento a la degradación de los suelos”, cuyos datos deben alimentar el sistema de información SIAC (Figura 12).

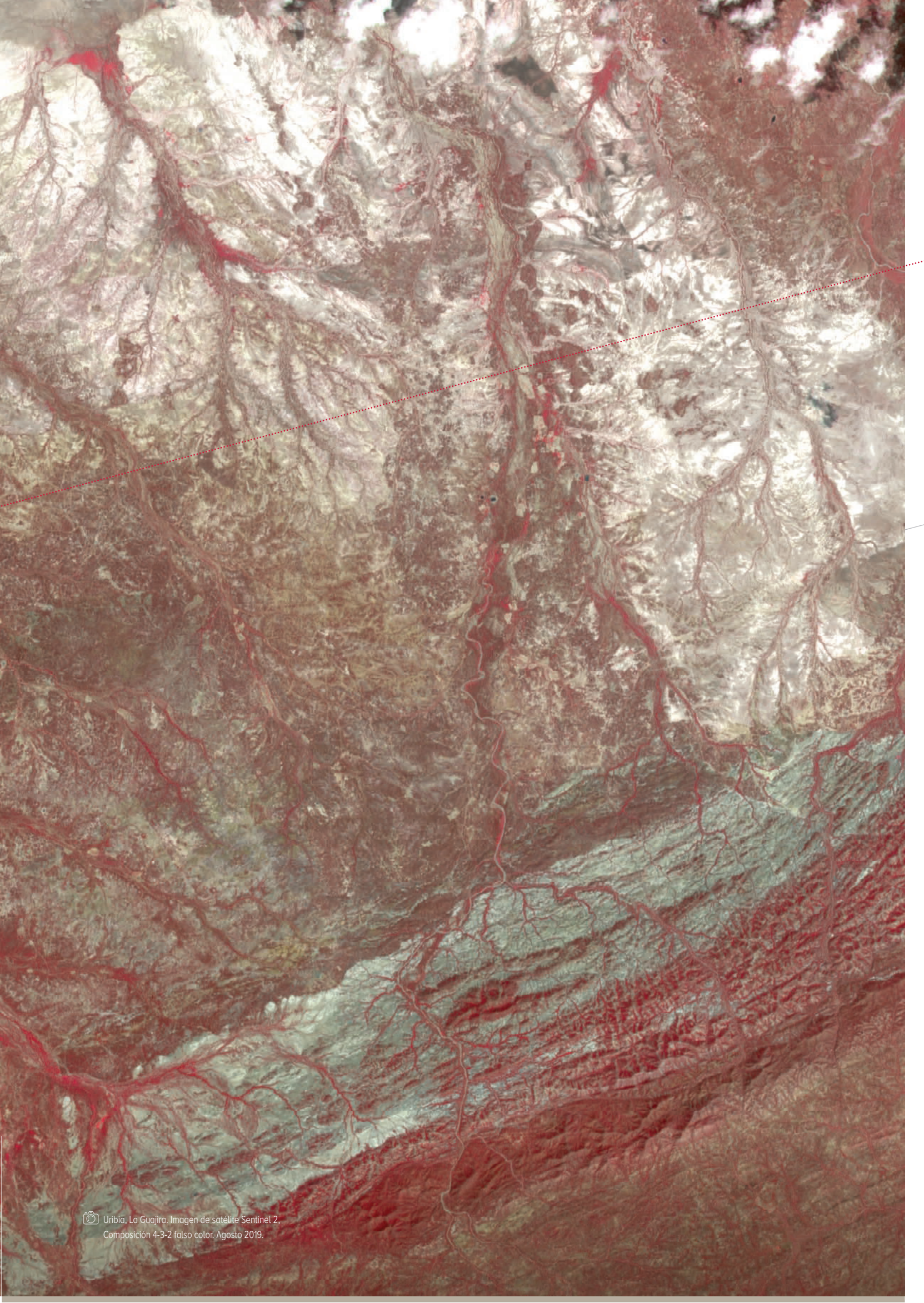
B Metodología a nivel nacional y regional

1.	Estructura metodológica	73
1.1	Introducción	73
1.2	Fases, etapas y actividades de la línea base de la degradación de suelos y tierras por desertificación	75
1.3	Análisis para la implementación metodológica	76
2.	Zonificación	79
2.1	Etapas de zonificación preliminar	80
2.2	Etapas de preparación de trabajo de campo	96
2.3	Etapas de trabajo de campo	103
2.4	Etapas de poscampo	104
3.	Análisis de causas e impactos	111
3.1	Etapas de identificación y definición variables de causas de la degradación de suelos por desertificación	111
3.2	Etapas de preparación de trabajo de campo	117
3.3	Etapas de trabajo de campo	122
3.4	Etapas Poscampo	123
4.	Evaluación e indicadores	127
4.1	Etapas de análisis preliminar	128
4.2	Generaciones de indicadores del estado actual de degradación de suelos por desertificación	128
4.3	Evaluación de indicadores de presiones y fuerzas motrices de degradación de suelos por desertificación	132
4.4	Evaluación de indicadores de impactos (consecuencias) de degradación de suelos por desertificación	134
4.5	Evaluación de indicadores de respuesta a la degradación de suelos por desertificación	136
4.6	Evaluación de los factores determinantes de la degradación de suelos por desertificación	136



Guatavita, Cundinamarca.

PROTOCOLO PARA LA IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE SUELOS POR DESERTIFICACIÓN



1. ESTRUCTURA METODOLÓGICA

1.1 Introducción

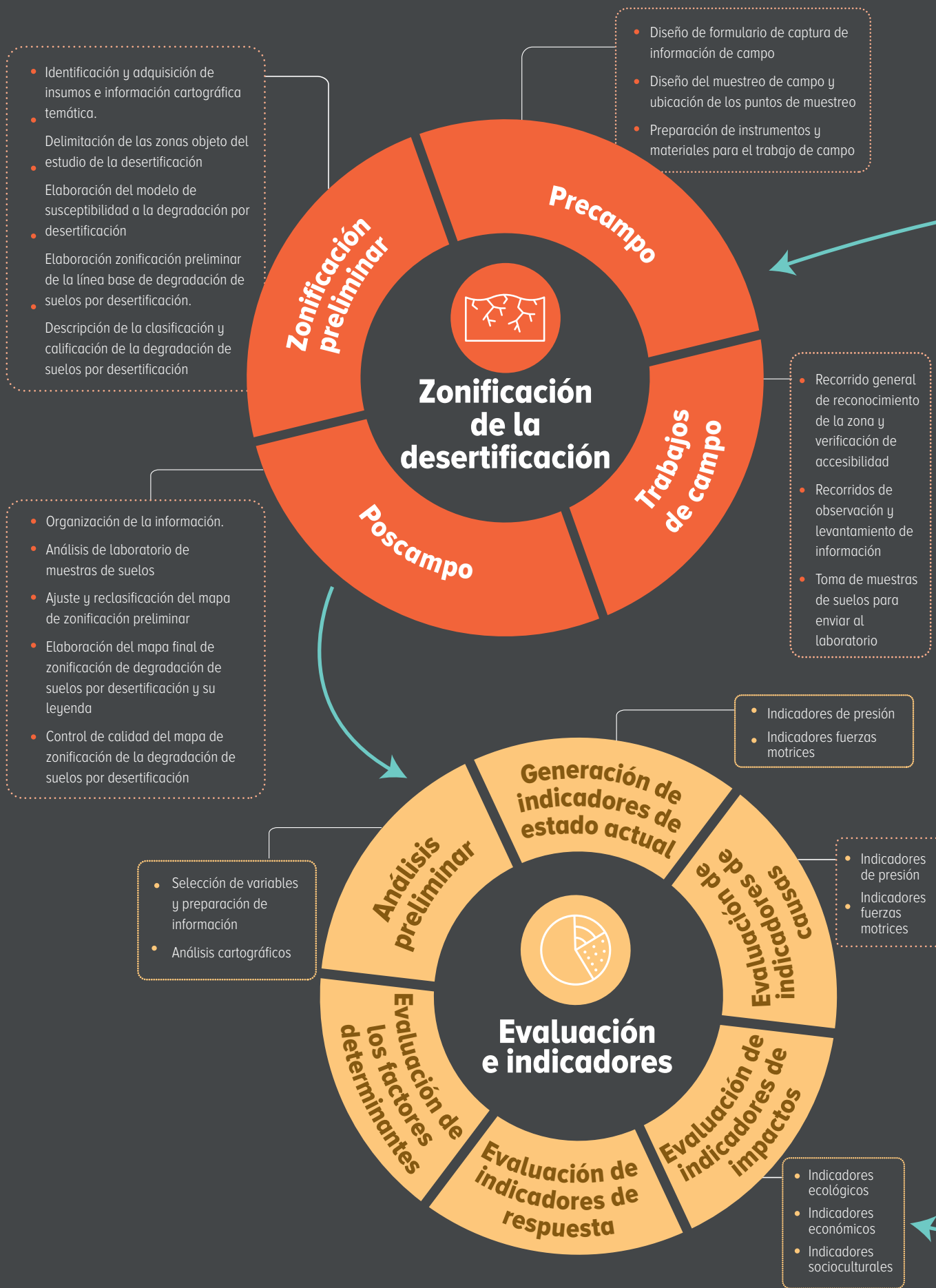
La identificación, zonificación, evaluación y monitoreo de la degradación de suelos por desertificación exige tener una metodología clara y ordenada, con la cual se puedan lograr los resultados deseados sobre el conocimiento y explicación de este proceso. El resultado constituirá la línea base o punto de referencia para implementar el programa de monitoreo y seguimiento. Con el fin de organizar el desarrollo del protocolo, la metodología está estructurada en fases, etapas y actividades orientadas a la generación de uno o varios productos en cada una (Figura 1).

Esta metodología establece tres fases importantes: zonificación, análisis y evaluación. La zonificación implica la generación de modelos cartográficos para definir dos productos fundamentales: susceptibilidad y zonificación de línea base. La de análisis se concentra en la identificación de las causas o presiones que generan la desertificación y sobre sus impactos a nivel social, económico y ecológico. La de evaluación genera indicadores sobre el modelo FPEIR, o sea indicadores de estado, presión, impacto y respuesta.

La metodología es suficientemente clara para ser aplicada por los distintos usuarios de las misma. Las CAR u otras entidades pueden implementar de forma fácil y sencilla esta metodología, ya que sigue un hilo conductor en cada una de las fases y explica cada uno de los pasos a seguir.



Figura 1. Estructura metodológica del Protocolo de identificación y evaluación de la degradación de suelos por desertificación.
Fuente: Ideam, 2019





1.2 Fases, etapas y actividades de la línea base de la degradación de suelos por desertificación

La metodología general establece las siguientes fases, etapas y principales actividades:



Figura 2. Fases, etapas y actividades del protocolo de degradación de suelos por desertificación. Fuente: Ideam, 2019

1.3 Análisis para la implementación metodológica

Los análisis de este estudio se presentan en tres escalas:

- **Nacional:** Cubrimiento del estudio en todo el país, pero en particular busca definir las zonas objeto de estudio de la desertificación, o sea las áridas, secas y subhúmedas secas. Genera la estadística nacional del estado de degradación de suelos por desertificación y define los lineamientos para establecer políticas, programas y proyectos que conduzcan a la prevención, mitigación y uso sostenible de los suelos en zonas susceptibles a la desertificación.
- **Regional:** Se centra en zonas específicas del país que requieren la atención sobre el problema de la desertificación. Allí, se realizan estudios del proceso a mayor escala cartográfica en las principales subdivisiones del país, como áreas hidrográficas, departamentos o autoridades ambientales regionales. Estos estudios deben abordar el problema de la desertificación de forma integral, considerando su estado actual, sus causas y consecuencias, con miras a tomar decisiones y acciones para su prevención, mitigación y formular proyectos de rehabilitación y restauración.
- **Local:** Los estudios nacional y regional permitirán definir las zonas con mayores problemas de desertificación. Estas zonas, no muy extensas, exigen estudios de mayor detalle en los que se evalúen la afectación del proceso en los servicios ecosistémicos y se cuente con mecanismos de impacto fuerte de orden económico y social. En estas zonas se deben

formular e implementar las medidas correctivas y preventivas de la desertificación; por lo tanto, las prácticas de restauración, rehabilitación y manejo sostenible son prioritarias.

En cuanto a nivel de información requerida y la escala espacial, se tiene que:

- **Nacional:** se requiere información temática a escala cartográfica desde 1:100.000 hasta 1:500.000. Las unidades de estudio surgirán de las investigaciones de suelos y de cobertura y uso de la tierra a nivel nacional. Las unidades de análisis se concentrarán en los niveles de departamentos y áreas hidrográficas.
- **Regional:** se requiere información temática a escalas cartográficas entre 1:25.000 y 1:100.000. Las unidades de estudio serán el análisis integral de unidades de suelos, sistemas de uso, procesos de degradación y ecosistemas. Las unidades de análisis pueden considerar provincias, municipios, subdivisiones de las jurisdicciones de las autoridades ambientales u otras de importancia ambiental.
- **Local:** la información, en lo posible, deberá ser detallada, en muchos casos con base en la información primaria y actualizada de las distintas temáticas para la aplicación de la metodología. Las escalas espaciales adecuadas estarán entre 1:5.000 a 1:25.000. Las unidades de análisis se ajustarán a los propósitos específicos del estudio de la desertificación: productivo, ecológico, social, integral. Las denominadas ventanas o focos de estudio, o sea, las zonas con gravísimos problemas de la desertificación serán las principales para realizar este estudio.







2. ZONIFICACIÓN

La fase de zonificación tiene como objeto tres productos espaciales fundamentales: delimitar la zona objeto de estudio de la desertificación, formular y aplicar un modelo de susceptibilidad a este proceso y generar la representación cartográfica del estado actual de la degradación de suelos por desertificación, la cual constituye la línea base o punto de partida para el monitoreo y seguimiento.

En esta fase se desarrollan cuatro etapas:

- I Elaboración del modelo de susceptibilidad y de la zonificación preliminar,
- II Preparación de campo,
- III Trabajo de campo de verificación y captura de información,
- IV Poscampo que implica el análisis de la información levantada, los ajustes al modelo de susceptibilidad y la elaboración del mapa final de zonificación de línea base de la degradación de suelos por desertificación.

En términos generales, en esta fase se aplican los marcos conceptuales sobre desertificación y de referencia metodológica, ya que apuntan a resolver las preguntas acerca de dónde se ubican los procesos de desertificación y en qué intensidad. Para tal efecto, se deben formular modelos cartográficos que respondan a estas preguntas. Los modelos exigen información temática a escalas adecuadas tanto para el nivel nacional como para el regional. Con la aplicación de los modelos y la definición de un sistema de calificación y clasificación se obtendrán dos mapas: uno de susceptibilidad del proceso de desertificación y otro de zonificación de la línea base del proceso.

Estos productos deben ser verificados y caracterizados por medio de trabajos de campo, en los cuales se levante información primaria y se tomen muestras de suelos para enviarlas al laboratorio. Con los resultados de este trabajo y los datos de laboratorio se ajusta y valida el modelo de susceptibilidad y se elabora la zonificación final de línea base de degradación de suelos por desertificación, estos serán los productos principales de esta fase (Ver Figura 3).



A continuación, se explican los métodos, técnicas y procedimientos para la elaboración de la zonificación de la línea base de degradación de suelos por desertificación.

2.1 Etapa de zonificación preliminar

El objetivo de esta etapa es formular un modelo de susceptibilidad, además elaborar la zonificación preliminar de la línea base de degradación de suelos por desertificación, a través de la identifica-

ción, adquisición y análisis de información requerida y disponible.

La fase de zonificación implica la construcción de tres componentes cartográficos necesarios para el análisis de la situación actual y potencial del proceso de desertificación (figura 4):

- Delimitación de áreas objeto del proceso: zonas áridas, secas y subhúmedas secas.
- Modelo de susceptibilidad de los suelos al proceso de desertificación.
- Zonificación del estado actual (línea base) de la degradación de suelos por desertificación.

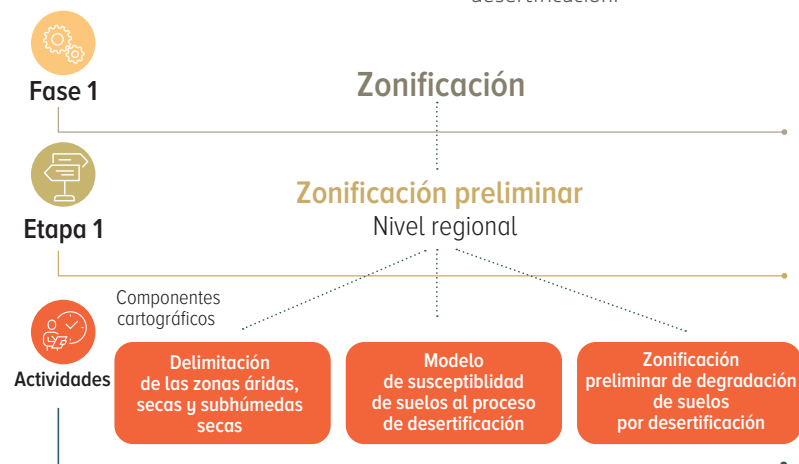


Figura 4. Componentes cartográficos de la etapa de zonificación preliminar
Fuente: Ideam, 2019

2.1.1. Insumos de información y cartografía

Los principales insumos técnicos necesarios para esta etapa de zonificación consisten en:

Cobertura terrestre: Según sistema de cobertura Corine Land Cover.

Clima: Zonificación climática, Índice de aridez anual y trimestral, Índice de concentración de la precipitación, Índice de sequía.

Suelos: Unidades cartográficas, taxonomía, régimen de humedad, textura, carbono orgánico, saturación de bases, acidez, conductividad eléctrica, retención de humedad.

Geología y geomorfología: litología, material parental, paisaje, tipo de relieve, pendientes.

Procesos actuales de degradación: erosión, salinización, compactación, pérdida de cobertura y de materia orgánica.

Sistemas de uso de la tierra: usos principales, prácticas de uso general (mecanización, riego, fertilización, etc.).



4



En ellos, se colecta información primaria, se caracterizan las unidades, se verifican y se realizan los **trabajos de campo**. En ellos se verifican las delineaciones y se toman las **muestras de suelos** que serán enviadas al laboratorio

5



Con los resultados del trabajo de campo de verificación de unidades y con los resultados de laboratorio, se ajusta y elabora la zonificación final junto con su leyenda. **Este será el producto de esta fase.**

Verificación y toma de muestras

Susceptibilidad regional

Ajustes

Zonificación de la línea base

Análisis de laboratorio



Figura 3. Etapas y actividades de la fase de zonificación. Fuente: Ideam, 2019.

El tipo de información, el nivel de escala y las fuentes requeridas o necesarias para realizar los distintos análisis de desertificación se presentan en la siguiente tabla:

Tipo de información	Nacional	Regional	Fuente
División política-administrativa	Departamentos, áreas hidrográficas (macrocuencas)	Departamentos/municipios/cuencas/macrocuencas	IGAC, Ideam
Suelos y geomorfología (geología, geomorfología, suelos)	Mapa de correlación de suelos, geopedología, sistemas morfogénicos	Estudios generales de suelos (departamentales)	IGAC, Ideam
Cobertura y uso de la tierra (Corine Land Cover, uso actual, sistemas de uso, conflictos de uso del territorio)	Mapa de cobertura terrestre a nivel nacional, conflictos de uso nacional	Mapa de cobertura terrestre a nivel departamental, conflictos de uso departamental, mapas de uso CAR	IGAC, Ideam, UPRA, CAR
Ecosistemas, biomas, estado actual coberturas y ecosistema	Mapa de ecosistemas nacional 1:500.000	Mapa de ecosistemas 1:100.000	Ideam, IAvH
Estudios de degradación de tierras: erosión, salinización, desertificación	Estudios generales	Estudios subregional, departamental y CAR	Ideam, CAR, Universidades, Corpoica
Clima (zonificación, índices de aridez, sequía, concentración de precipitación)	Mapas zonificación climática, índices nacionales	Mapas zonificación climática, índices departamental o CAR	Ideam, CAR
Socioeconómicas: población, pobreza, NBI, Gini, Salud, Educación	Índice de desarrollo Humano. Densidad de población, índice de pobreza, nivel de salud y de educación. Nacional	Nivel departamental y municipal.	Dane, IGAC, DNP, departamentos, municipios, CAR, Ideam.
Planes de ordenamiento territoriales POT, POMCHS.	Departamental	Municipal, cuencas	Minambiente, CAR, Ideam
Deforestación, Biomasa, Carbono	Índice de deforestación, captura de carbono, nacional, departamental	Índice de deforestación, captura de carbono, CAR, municipios	Ideam, Centros de investigación, Universidades
Disponibilidad de agua	Estudio Nacional del agua	Estudios regionales de agua	Ideam
Escenarios de Cambio Climático, Precipitación y temperatura	Nacional	A nivel subregional, departamental, CAR, estudios locales	Ideam
Informes de fenómenos El Niño y La Niña	Segunda comunicación de cambio climático	Estudios regionales	Ideam



Tabla 1. Requerimientos de información espacial para abordar la fase de zonificación, a escalas nacional y regional. Fuente: Ideam, 2019

2.1.2 Delimitación de las zonas objeto de estudio de la desertificación

Con respecto a la delimitación de las zonas objeto de la desertificación, se realiza de forma inicial bajo el criterio de la UNEP y la UNCCD sobre el índice de aridez, el cual incluye las zonas con valores menores a 0,75. Sin embargo, la medición anual de este parámetro no refleja el comportamiento real a través del año, por la posición ecuatorial del país y la distribución de las lluvias. De esta manera, se requieren otras variables que contribuyan a delimitar estas zonas.

Considerando el estudio de desertificación realizado en el 2008 (Ideam), se considera que el clima por sí mismo no es suficiente para reflejar las condiciones secas de las tierras, también influyen las características de los suelos y la distribución de los ecosistemas, en particular, los biomas. Además, el análisis mensual o trimestral del comportamiento del clima contribuye a esta delimitación.

La delimitación de las zonas objeto del estudio de la desertificación se ha formulado en un modelo basado en las variables de clima, suelos y ecosistemas (figura 5). Los principales criterios utilizados son:

Clima: Índice de aridez anual, trimestral y mensual.

Ecosistemas: Biomas de zonas desérticas, áridas y secas.

Suelos: Influye el régimen de humedad y la textura, que en muchos casos se reflejan en la taxonomía.

Los análisis cartográficos se realizan por medio de análisis espaciales utilizando herramientas de sistemas de información geográfica. En este caso, se utiliza el sistema de calificación de exclusión 1 o 0, en el cual se califica 1 para las variables objeto de desertificación y 0 aquellas que no corresponden por definición (ver ejemplo figura 7).

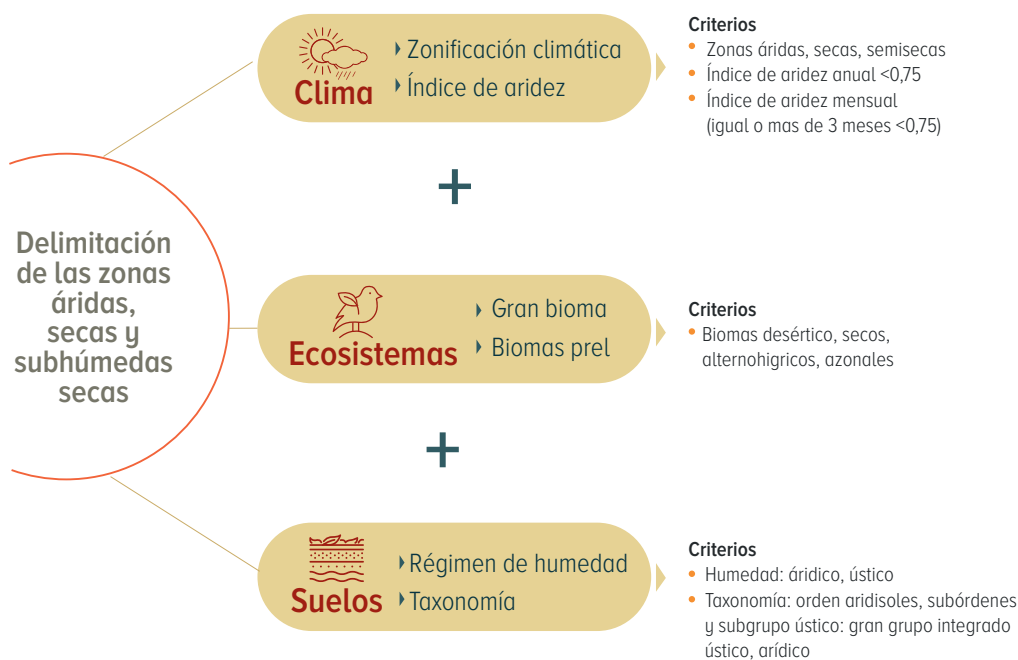
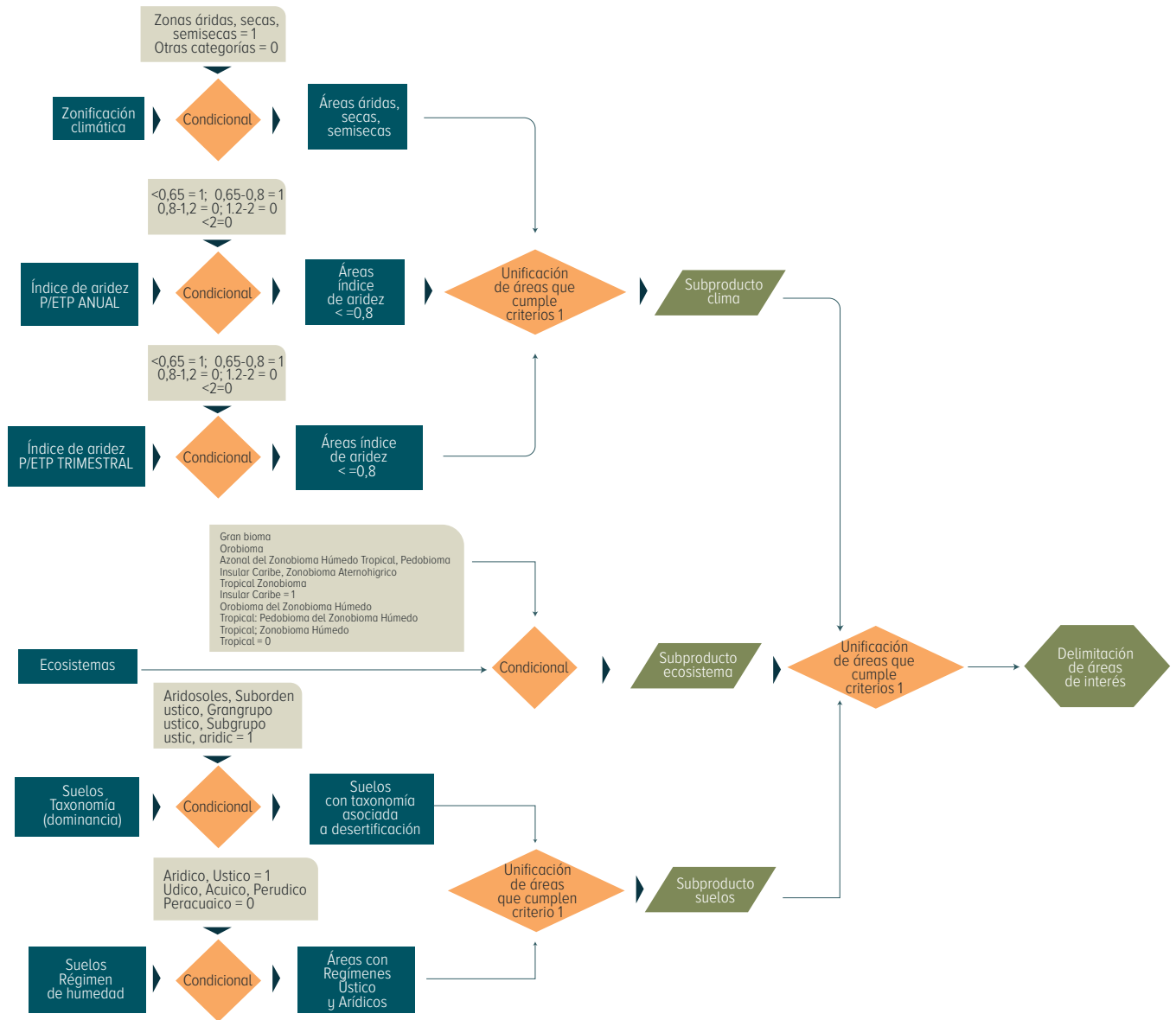



Figura 5. Factores y variables para delimitar las zonas objeto del estudio de la desertificación para Colombia. Fuente: Ideam, 2019

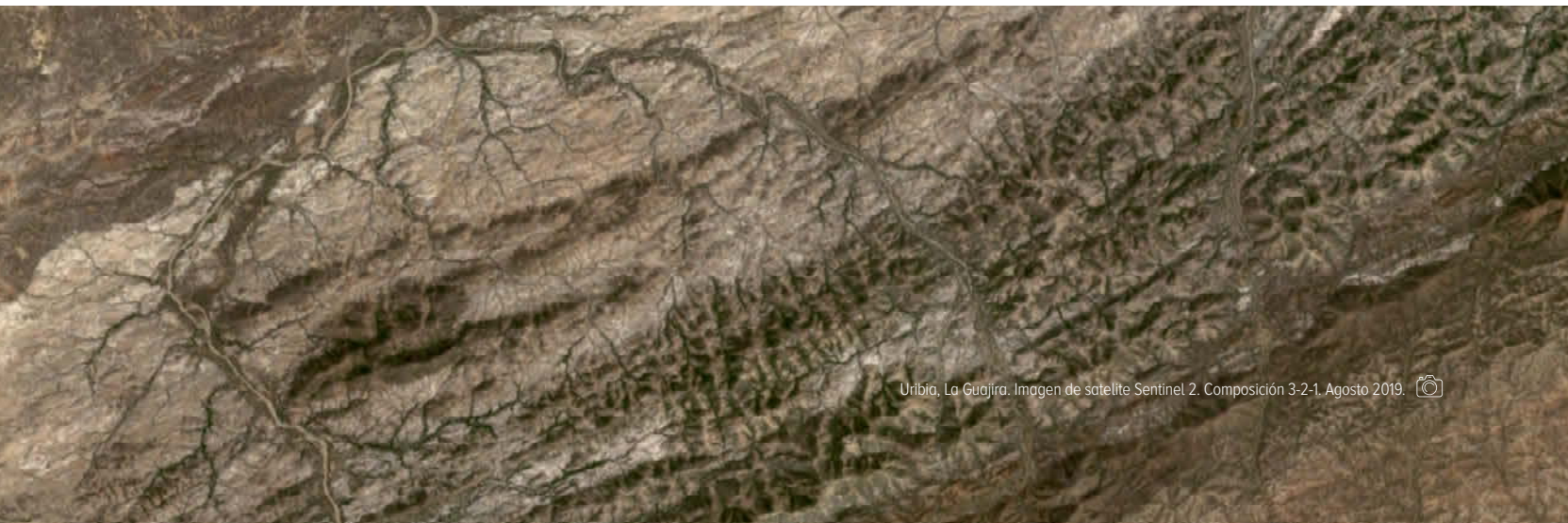




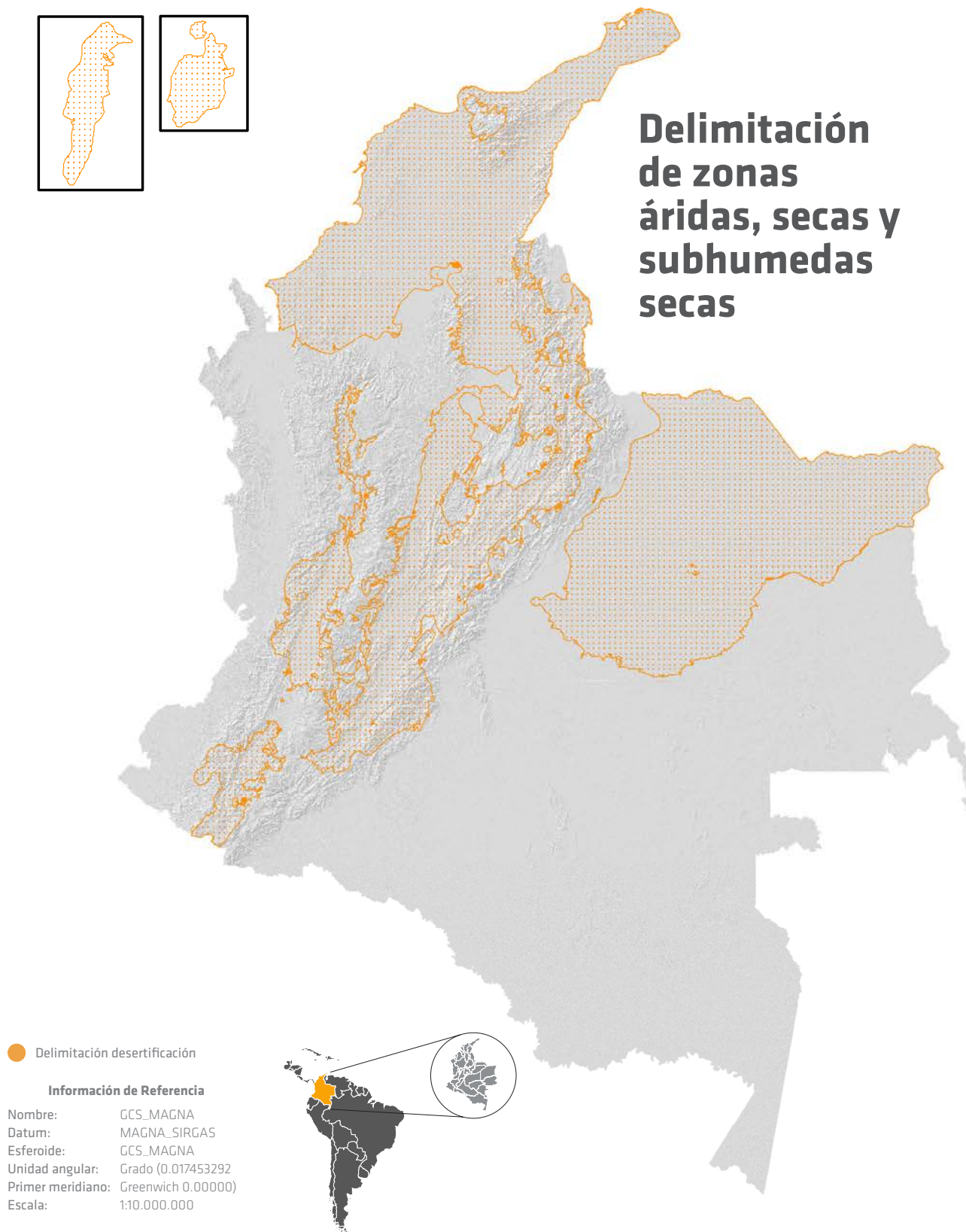
Las tablas de calificación de cada una de las variables se presentan en el modelo cartográfico utilizado en SIG (ver Figura 6).




 **Figura 6.** Modelo cartográfico SIG para la delimitación de áreas objeto de estudio de la degradación por desertificación.
 Fuente: Ideam, 2019.



A manera de ejemplo, a nivel nacional, la aplicación de este modelo se presenta en el siguiente mapa .



 **Figura 7.** Ejemplo de mapa de delimitación de zonas objeto de estudio de la desertificación en Colombia.



2.1.3 Modelo de susceptibilidad de la degradación de suelos por desertificación

El modelo para determinar la susceptibilidad a la desertificación se basa en la formulación del análisis espacial de factores y variables porque inciden de forma directa en el proceso. El modelo considera una ponderación de las variables según un peso definido para cada uno de ellos.

Los principales factores y variables identificados en el modelo de susceptibilidad a la desertificación son (figura 8):

Clima: zonas climáticas, índice de aridez anual, índice de aridez trimestral, índice de estacionalidad de la precipitación, índice de sequía, variabilidad climática.

Suelos: unidades cartográficas de suelos, taxonomía, propiedades físicas (textura, drenaje natural, retención de

humedad, humedad aprovechable), propiedades químicas (conductividad eléctrica, saturación de bases, pH, materia orgánica).

Ecosistemas: gran bioma, bioma, estado actual, índice de naturalidad.

Cobertura y uso actual: unidades de cobertura natural y transformada, uso actual de la tierra (equivalencia).

Estado actual de los procesos de degradación: unidades de grado de erosión, salinización y otros procesos como la compactación o la pérdida de cobertura, entre otros.



Figura 8. Factores y variables propuestas para el modelo de susceptibilidad a la desertificación. Fuente: Ideam, 2019.

Los diferentes factores se combinan cartográficamente con pesos diferenciales entre ellos según su importancia en los procesos de desertificación. Una propuesta según el consenso de expertos para el ámbito nacional es la siguiente:



De igual manera, las variables en cada uno de los factores tienen diferentes pesos para combinar y calificar la susceptibilidad a los procesos de degradación por desertificación. Un ejemplo, a nivel nacional de la

proporcionalidad para los factores climáticos se presenta en la siguiente figura; sin embargo, los pesos pueden variar de acuerdo con las características de cada región o subregión. El proceso más común para realizar esta distribución

es el consenso de expertos, pero también existe un *software* que puede ayudar, reduciendo la subjetividad. (Ej.: Pritest)

El sistema de calificación se realiza de 1 a 5, en este 5 será lo más susceptible a la desertificación y 1 la más baja.

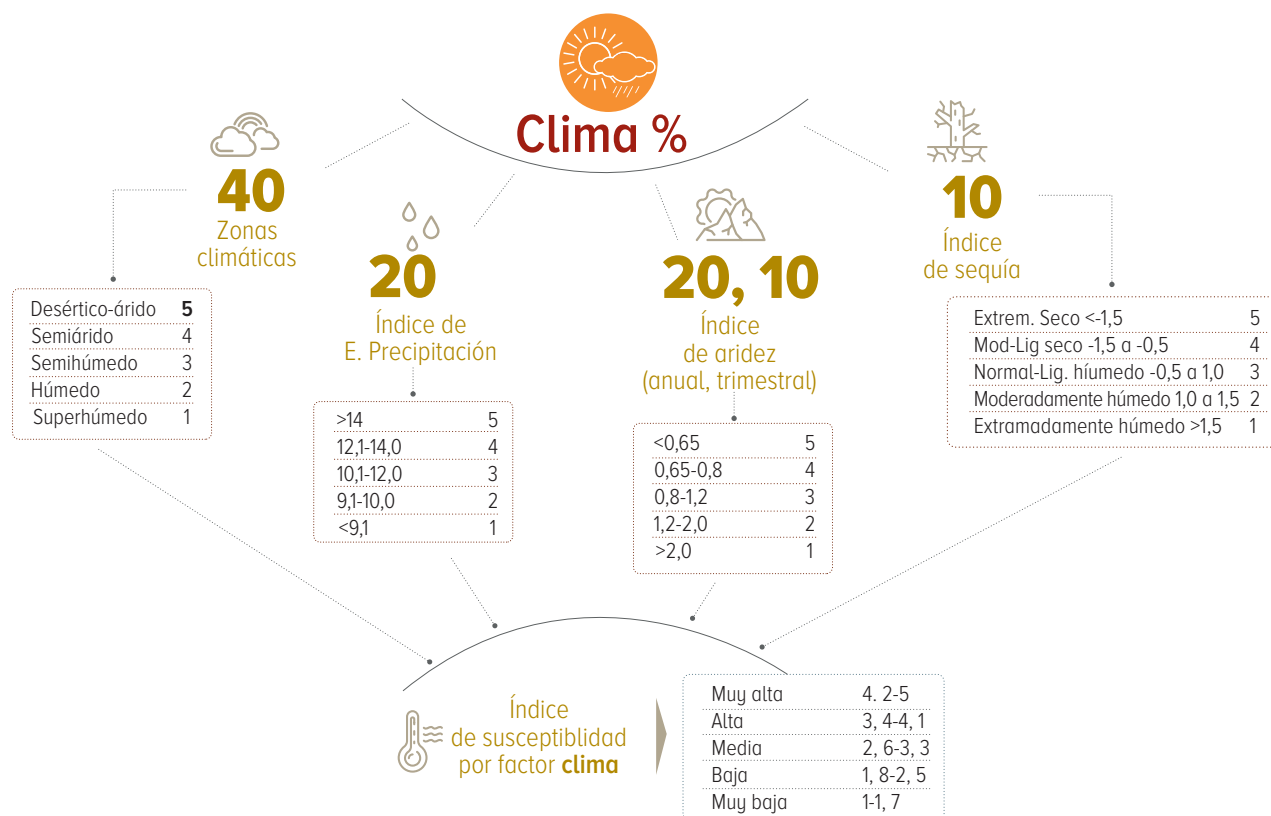


Figura 9. Variables, pesos y calificativos del factor clima para susceptibilidad a la desertificación. Fuente: Ideam, 2019.





Las variables del factor clima, pesos y calificativos se muestran en la figura 9.

De igual manera, se aplica el modelo para cada uno de los factores. En las

siguientes figuras 10 a 13, se presenta la propuesta para el nivel nacional de los factores de suelos, cobertura y estado actual de degradación.

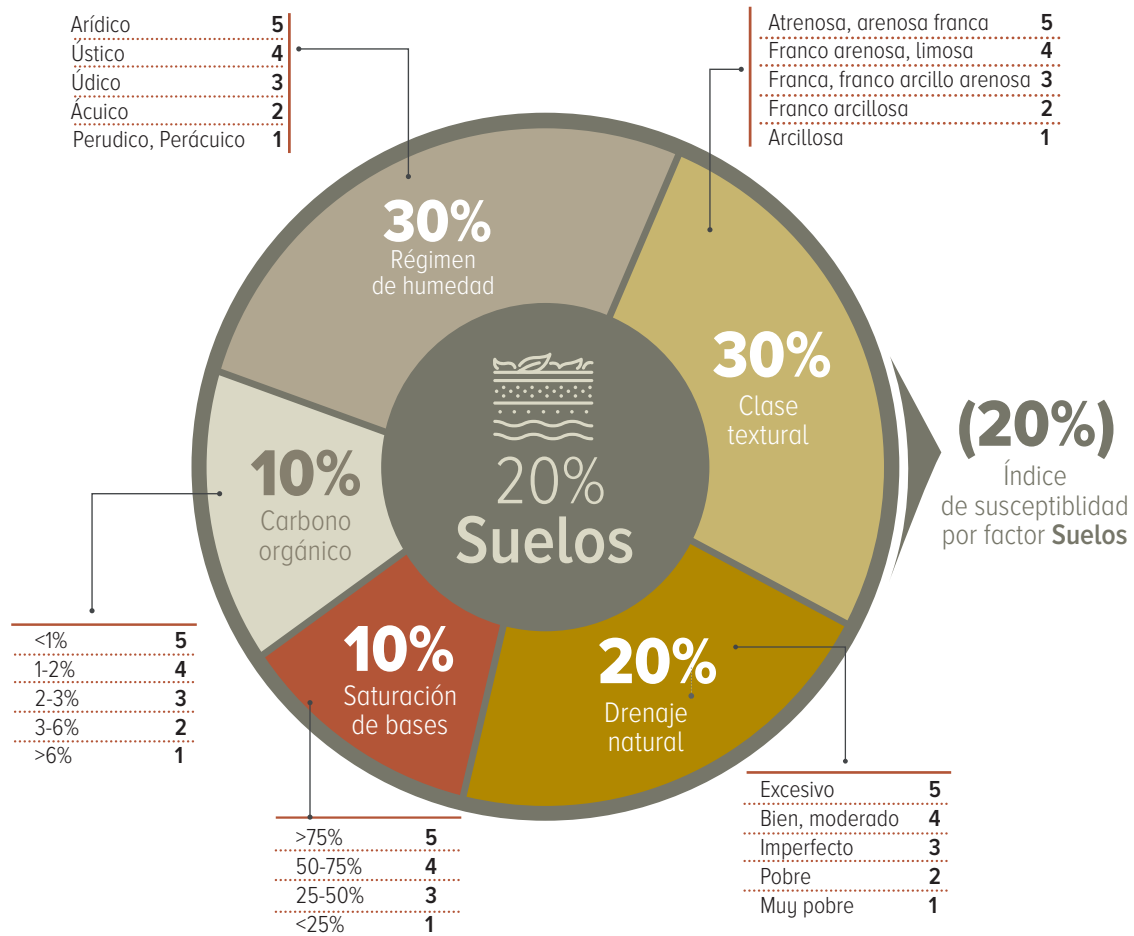


Figura 10. Variables, pesos y calificativos del factor suelos para susceptibilidad a la desertificación
Fuente: Ideam, 2019.



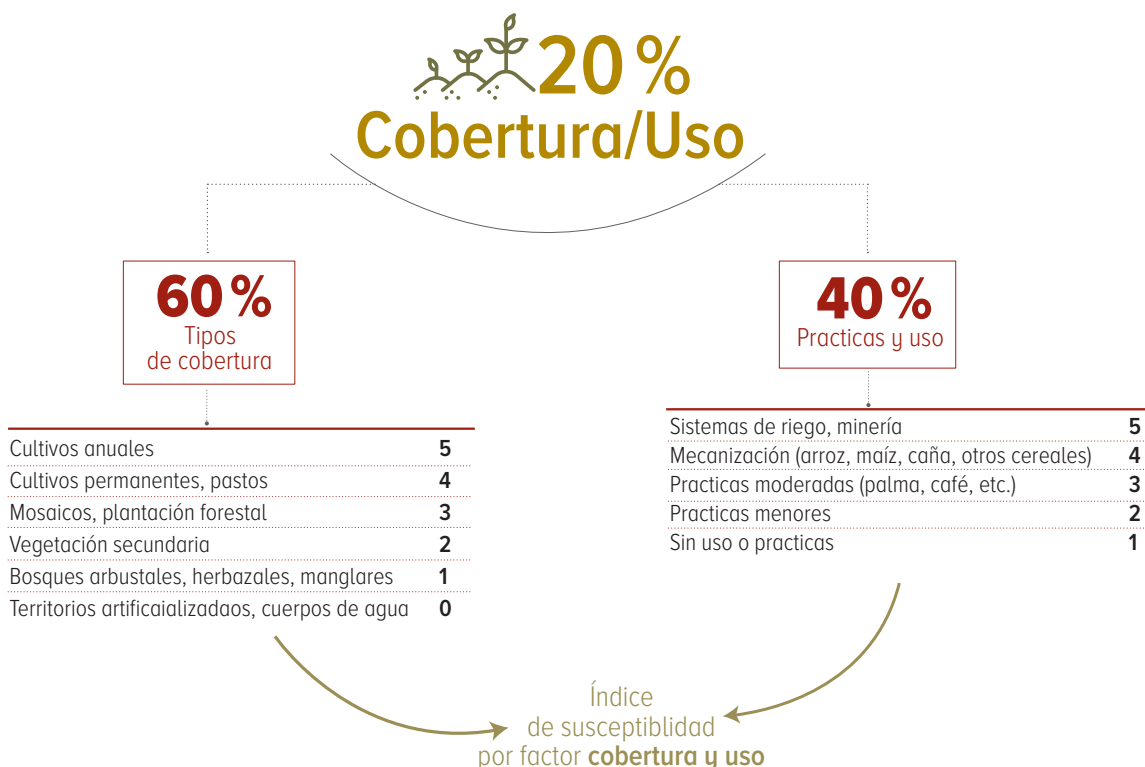
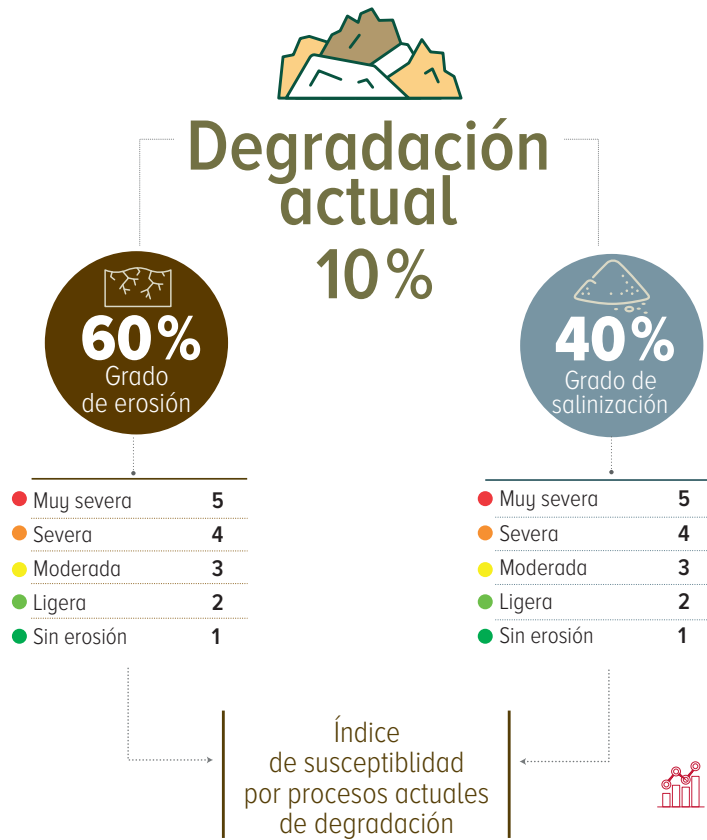


Figura 11. Variables, pesos y calificativos del factor cobertura y uso para susceptibilidad a la desertificación. Fuente: Ideam, 2019.



Figura 12. Variables, pesos y calificativos del factor ecosistemas para susceptibilidad a la desertificación. Fuente: Ideam, 2019.



Con respecto al nivel regional, los pesos y calificativos podrían variar según las características de cada región o departamento o jurisdicción de autoridad ambiental. Se debe evitar o minimizar la subjetividad a la hora de definir los pesos y las calificaciones en las variables y los factores, para tal fin es importante someter a un grupo de expertos regionales y acompañarse de métodos estadísticos como el proceso analítico jerárquico (AHP, por sus siglas en inglés) o *software* como PriEst (Priority Estimation Tool) (Siraj et al., 2013), ya que estos calculan las ponderaciones de los criterios y el análisis de consistencia estadística.



Figura 13. Variables, pesos y calificativos del factor degradación actual para susceptibilidad a la desertificación. Fuente: Ideam, 2019.



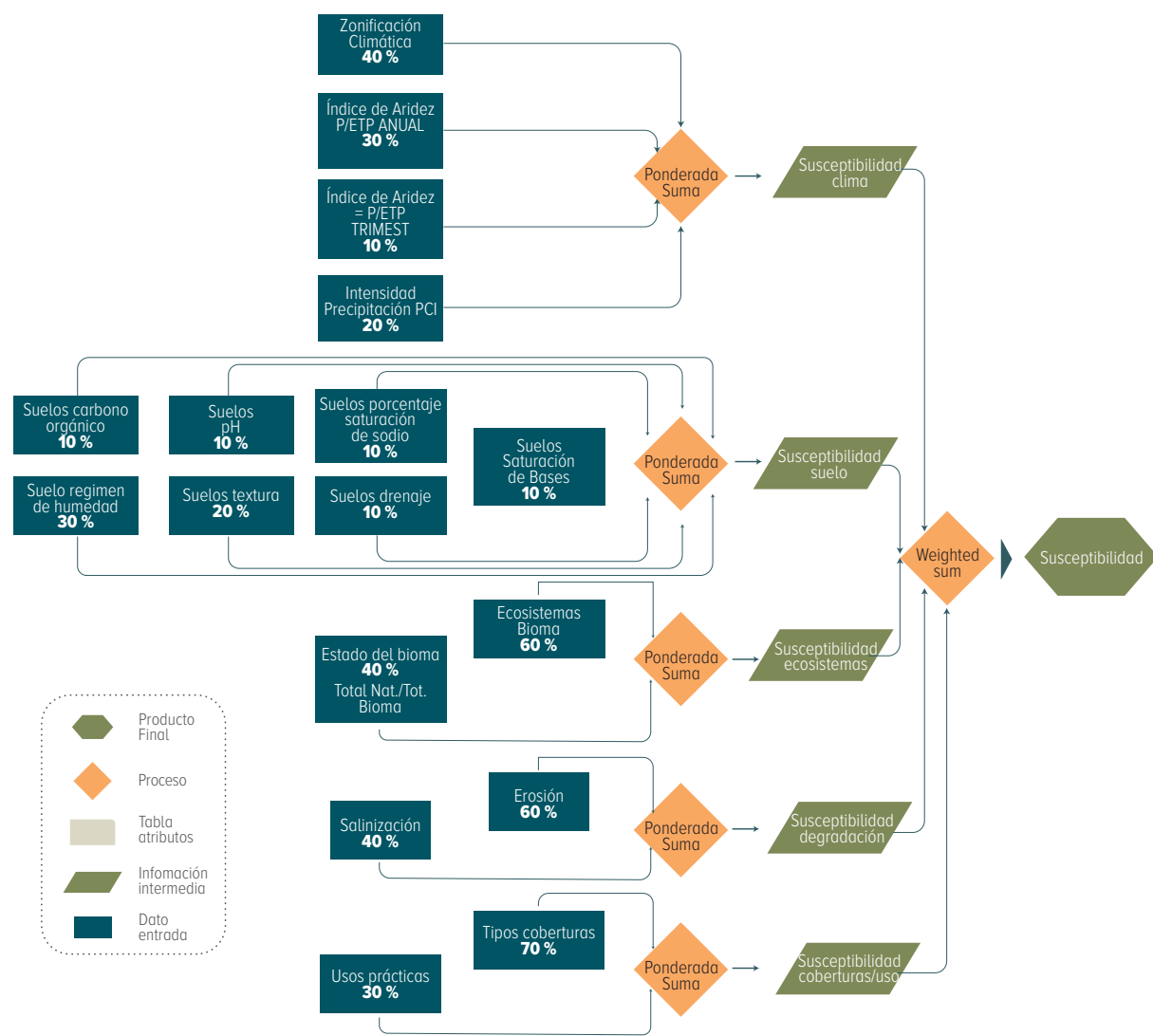


Figura 14. Modelo lógico cartográfico del modelo de susceptibilidad a la desertificación. Fuente: Ideam, 2019.

En la Figura 14 se presenta el modelo lógico de SIG para implementar el modelo de susceptibilidad a la desertificación a nivel nacional o regional.

Los análisis cartográficos, según el modelo, generan un mapa con unidades de calificación de acuerdo con la ponderación. Estas unidades se agrupan según los rangos proporcionales generando la susceptibilidad o probabilidad de ocurrencia de la desertificación. Se proponen cinco categorías: Muy alta, Alta, Media, Baja y Muy baja, de la siguiente manera:

Muy alta	▶ 4, 39-5
Alta	▶ 3, 4-4,1
Media	▶ 2, 6-3,3
Baja	▶ 1, 8-52,5
Muy baja	▶ 1-1, 7

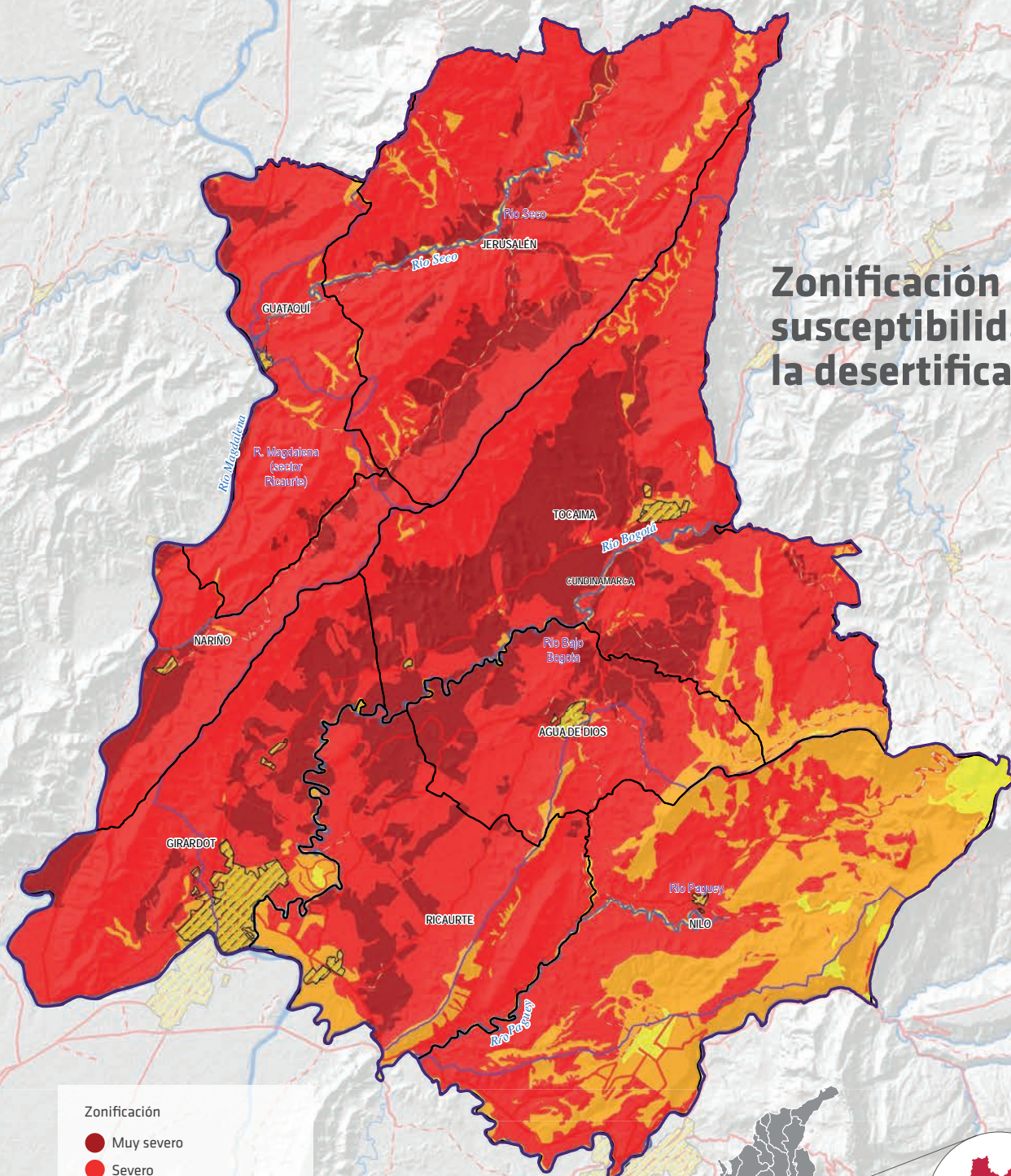
Por otra parte, los *software* de Sistemas de Información Geográfica (SIG) presentan alternativas para representar los resultados obtenidos de distintas maneras. Por tratarse de información proveniente de procesos de sumas ponderadas que dan lugar a superficies con valores numéricos continuos, lo primero que se debe hacer es establecer interva-

los numéricos para crear clases ordinales en las que se identifiquen las jerarquías de susceptibilidad. Normalmente los programas brindan opciones para este fin; entre ellas, los intervalos equidistantes, de progresión aritmética, y cuantiles. Para representar el mapa de susceptibilidad se recomienda utilizar los intervalos iguales para la creación de categorías, ya que homogeniza el agrupamiento de los datos en rangos iguales.

A continuación se presenta un ejemplo de resultado final del modelo de susceptibilidad en un área piloto dentro de la jurisdicción de la CAR (ver figura 15).



Zonificación de susceptibilidad a la desertificación



Zonificación

- Muy severo
- Severo
- Moderado
- Ligero
- Muy ligero

Subcuenca

Límite municipal

Zonas urbanas

Cuerpos de agua

- Vía tipo 1
- Vía tipo 2
- Vía tipo 3
- Vía tipo 4

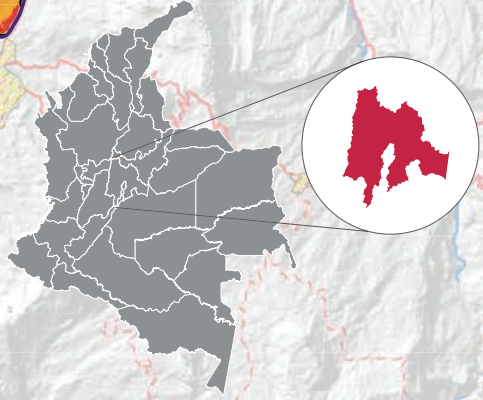


Figura 15. Zonificación de susceptibilidad a la desertificación para la provincia del Alto Magdalena en la jurisdicción de la CAR, Cundinamarca. Fuente: Ideam, 2019.

1.1.4 Elaboración de zonificación preliminar línea base de degradación de suelos por desertificación

El concepto de desertificación se refiere a la degradación de tierras en zonas secas. Enfatizando en los procesos sobre los suelos, la zonificación del estado actual de la degradación de suelos por desertificación se puede representar por las manifestaciones de estos procesos, bien sea una o la combinación de dos o más procesos, considerando que son sinérgicos y acumulativos. En terreno lo más común es que los procesos no se presenten solos, sino que un proceso genera o agrava a otro; por ejemplo, la ganadería en ladera, en primera instancia, ocasiona compactación, de esta se deriva la erosión por terraceo (pata de vaca), estas dos contribuyen a generar movimientos en masa como deslizamientos o soliflucción. La desertificación realmente es la conjugación de varios procesos de degradación que alteran los servicios ecosistémicos e incrementan la sequía, en las tierras secas.

De otra parte, se considera que la principal causa de degradación de suelos es el uso inadecuado y prácticas inapropiadas. En ese sentido, es importante relacionar de forma espacial los procesos de degradación de los suelos con los usos de la tierra y sus prácticas.

Bajo estas consideraciones, se plantea que la construcción de la zonificación de la línea base de degradación de suelos por desertificación se elabore a partir de los siguientes insumos (Figura 16):

- Procesos actuales de degradación: erosión, salinización, compactación, etc.
- Cobertura y sistemas de uso de la tierra.
- Prácticas de manejo por cada sistema de uso.



Figura 16. Factores y variables para generar la zonificación del estado actual de degradación de suelos por desertificación, a nivel nacional y regional. Fuente: Ideam, 2019.

El proceso de construcción de la zonificación se realiza por medio de varios análisis cartográficos con los anteriores insumos. Este análisis se hace de forma progresiva conservando una lógica de unión de capas (ver Figuras 17 y 18). El primer paso consiste en la combinación

espacial de los diferentes procesos de degradación actual por medio de la calificación a partir de un árbol de decisión, este contribuye a identificar las sinergias entre ellos. En la siguiente tabla se presenta el árbol de decisión entre los procesos de degradación de erosión y salinización.

Grado salinización/ grado erosión	Muy severa	Severa	Moderada	Ligera	Muy ligera	Factor de procesos
Muy severa	5	5	5	4	4	
Severa	5	4	4	4	3	
Moderada	5	4	3	3	2	
Ligera	4	4	3	2	2	
Sin erosión	4	3	2	1	1	

Tabla 2. Árbol de decisión para la calificación del factor de procesos actuales de degradación. Fuente: Ideam, 2019.



De acuerdo con esta calificación del factor de los procesos de degradación, se realiza un nuevo análisis espacial de unión con el mapa de cobertura y uso actual de la tierra, en el cual se asocian los procesos con los usos y las prácticas realizadas. Este análisis se realiza por medio de un árbol de decisión que permita calificar el grado y tipo de degradación de suelos por desertificación. Un ejemplo se muestra en la figura 17.

Cobertura / Procesos	5	4	3	2	1
Cultivos anuales	5	4	3	3	2
Cultivos permanentes, pastos	5	4	3	3	2
Mosaicos, plantación forestal	4	4	3	2	1
Vegetación secundaria	4	3	2	1	1
Bosques, arbustales, herbazales, manglares	3	3	2	1	1
Territorios artificializados	1	1	1	1	1

Donde, el grado de degradación por desertificación es: 1 = Muy ligero, 2 = Ligero, 3 = Moderado, 4 = Severo, 5 = Muy severo



Figura 17. Factores, variables y calificativos para la zonificación preliminar de la línea base de degradación de suelos por desertificación. Fuente: Ideam, 2019.

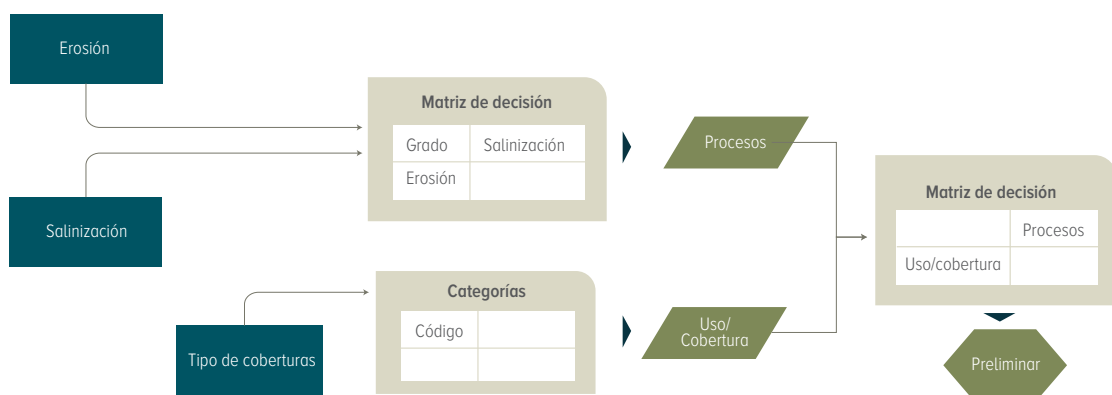


Figura 18. Modelo lógico cartográfico para la construcción de la zonificación preliminar de la línea base de degradación de suelos por desertificación. Fuente: Ideam, 2019.

2.1.5 Descripción de la clasificación de la degradación de suelos por desertificación

La clasificación de la desertificación se realiza por su grado de afectación, por el tipo predominante de procesos de degradación y por su origen principal.

Grado de desertificación

Se entiende por grado de desertificación la magnitud e intensidad del proceso de degradación de suelos y tierras en zonas secas, debido a procesos naturales y antrópicos. Generalmente, se relaciona con el grado de los procesos específicos de degradación de suelos como la erosión, salinización o compactación. En la tabla 3 se describe cada uno de los grados.

Símbolo	Grado	Descripción	Ejemplos
1	Muy ligero	<p>Este grado también se puede interpretar “sin desertificación”. Generalmente se aplica a las zonas que no han tenido transformación y se conservan con su cobertura natural. Se refiere a bosques, arbustales o herbazales naturales. En estas condiciones se asume que los procesos de degradación de suelos son muy pocos o nulos.</p> <p>También, se califican en esta categoría las zonas donde no hay suelo o donde se ha sellado y no pueden ocurrir los procesos de degradación. Se refiere a los cuerpos de agua o territorios artificializados.</p>	
2	Ligero	<p>Corresponde a aquellas zonas donde los procesos de degradación de suelos son incipientes o de poca intensidad. Dentro de esta categoría se pueden incorporar las coberturas vegetales de poca transformación, tales como vegetación secundaria, mosaicos con dominancia de vegetación natural, pero que el grado de los procesos de degradación sean moderado o ligero.</p>	
3	Moderado	<p>En este grado se incorporan las tierras en las que las coberturas son transformadas tales como pastos y cultivos, pero que los procesos de degradación no sean superiores al moderado. También se incluyen aquellas zonas con plantaciones forestales o mosaicos en donde la degradación sea moderada o incluso severa.</p>	
4	Severo	<p>Los procesos de degradación de suelos se encuentran en un grado severo y sus manifestaciones han deteriorado los terrenos, de tal manera que sus servicios ambientales presentan alto deterioro. Aquí se incorporan las zonas con erosión o salinización severa, estas tienen alta correlación con coberturas transformadas de cultivos o pastos.</p>	
5	Muy severo	<p>Se conjugan los grados más altos de degradación de suelos, en los cuales los servicios ambientales se han perdido casi por completo. Prácticamente no hay cobertura vegetal y los suelos están desnudos. La erosión, salinización o compactación muy severa son suficientes para calificar estos terrenos en esta categoría.</p>	



Tabla 3. Descripción de la calificación de grado de desertificación. Fuente: Ideam, 2019.



Tipo de desertificación: Se refiere a la dominancia en las manifestaciones de los procesos de degradación de suelos, bien sea por erosión, salinización compactación, u otro proceso o la combinación de ellos. Se utilizan los siguientes símbolos de cada categoría:

- e:** erosión
- s:** salinización
- c:** compactación
- m:** pérdida de materia o carbono orgánico
- O:** combinación de ellos:
- es:** erosión y salinización
- ec:** erosión y compactación
- em:** erosión y pérdida de COS
- sc:** salinización y compactación, etc.

En la tabla 4 se describen los diferentes tipos.




Símbolo	Tipo	Descripción	Ejemplos
e	Erosión	Las manifestaciones de la erosión es la dominante en las zonas, principalmente, con la pérdida de suelos por cárcavas, surcos, terraceo o laminar.	
s	Salinización	El proceso de salinización es dominante en todas sus clases. Se refleja en sus manifestaciones en la formación de calvas o zonas de bajo o irregular crecimiento vegetal o daño en las propiedades hidrodinámicas del suelo. Generalmente se refleja en la disminución de la productividad primaria neta (biomasa).	
c	Compactación	El adensamiento o pérdida de volumen en el suelo es la principal característica de los terrenos, este se manifiesta por una baja aireación, disminución de la retención de humedad y pobre crecimiento vegetal por deformación de las raíces.	
m, b, n	Otros procesos	Cuando la dominancia de las manifestaciones se debe a otros procesos de degradación, tales como pérdida de materia orgánica, disminución de la actividad biológica, acidificación, pérdida o desequilibrio de nutrientes, entre otros.	
es, ec, sc, etc.	Mixtos	Es común encontrar en las zonas de desertificación la combinación o sinergia de procesos de degradación. Entre los más comunes son la erosión con la salinización o con la compactación, o la salinización con la pérdida de humedad, o la erosión con la pérdida de materia orgánica, o la erosión con la compactación, como sucede en las laderas con ganadería de pastoreo.	



Tabla 4. Descripción de la calificación de tipo (procesos) de la desertificación
Fuente: Ideam, 2019.

Origen de las causas de desertificación: El origen de las causas de la desertificación se puede clasificar en tres: naturales, antrópicas o mixtas.

Natural: Considera los procesos que ocurren en la naturaleza y que contribuyen para que se generen los procesos de desertificación. Algunas causas naturales se deben a la variabilidad y cambio del clima, procesos morfodinámicos natura-

les, formación o pedogénesis por salinidad o poco desarrollo de los suelos.

Antrópico: Considera los procesos debidos a actividades que desarrolla el ser humano e influyen en la desertificación de los suelos, ocasionando 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 prác-

ticas, en particular, aquellas que generan pérdida de materiales de suelo (erosión) o salinización, o pérdida de la retención de humedad o fertilidad. Otras actividades como la minería en superficie y la explotación de hidrocarburos también tienen directo impacto en la cobertura vegetal y el suelo.

Mixto: Considera los terrenos donde aparecen tanto causas naturales como antrópicas.

2.2 Etapa de preparación de trabajo de campo

Una vez elaborados los mapas de susceptibilidad y zonificación preliminar de la degradación de suelos por desertificación, estos se deben validar y caracterizar las unidades espaciales. Para tal fin, se deben realizar las siguientes actividades antes de realizar los trabajos de campo:

- Diseñar un formulario de captura de información de campo.
- Definir los recorridos de campo y el sistema de muestreo.
- Preparar los materiales e instrumentos requeridos en campo.
- Localizar los sitios más representativos para la toma de muestras de suelos.
- Definir el apoyo logístico e identificar a los actores (contactos) regionales que brinden el apoyo necesario para el desarrollo del trabajo de campo.

2.2.1 Diseño de formulario de captura de información de campo

La captura de información de campo de forma organizada es muy importante y hace más eficiente esta actividad. En ese sentido, es conveniente diseñar un formulario que permita coleccionar la información para poder caracterizar y validar los procesos de degradación de suelos por desertificación. La información mínima que debe contener es la siguiente:

1) Identificación general del sitio de muestreo

- Número de identificación del punto de muestreo (código). Por ejemplo: código Dane, seguido de un número secuencial para cada punto. Este debe ser un símbolo único para este sitio.
- Fecha (día, mes, año).

- **Unidad de suelos:** Símbolo de la unidad cartográfica de suelos, este aparece en el mapa de suelos.
- **Unidad de cobertura:** Símbolo de la cobertura terrestre, como aparece en el mapa de Corine Land Cover.
- **Grado y tipo de salinización:** Símbolo del mapa de degradación de suelos por salinización.
- **Grado y tipo de erosión:** Símbolo utilizado en el mapa de degradación de suelos por erosión.
- **Grado y tipo de desertificación preliminar:** Símbolo utilizado en el mapa preliminar de degradación de suelos por desertificación, este equivale a la unidad objeto de verificación y muestreo.
- **Unidad de susceptibilidad a la desertificación:** De acuerdo con el modelo cartográfico elaborado para el mapa de susceptibilidad.
- **Plancha:** Número de plancha 1:100.000 o 1:25.000 en la cual se localiza el punto de muestreo, según distribución del IGAC.

2) Localización

- Departamento, municipio, vereda, sitio.
- **Hidrografía:** Macrocuenca, cuenca, microcuenca.
- **Georreferenciación:** Coordenadas, método, tipo de coordenadas (geográficas o planas).
- **Contacto:** Hace referencia a la persona de contacto en el sitio de muestreo.

3) Descripción general del entorno

- **Tipo de material geológico o parental:** Tipo y clase de rocas ígneas, sedimentarias o metamórficas, o sedimentos (según su origen: aluviales, coluviales, diluviales, marinos, lacustres, eólico y cenizas volcánicas, o de origen orgánico).
- **Geomorfología:** Describe las geformas según sistema de clasificación; para el IGAC es paisaje, tipo de relieve

y forma del terreno. También se pueden utilizar las categorías de los sistemas morfogénicos del Ideam.

- **Relieve:** Gradiente de la pendiente, longitud y topografía.
- **Clima:** Época de lluvias, si se trata de época seca, época lluviosa, veranillo o lluvias cortas. La presencia de eventos extremos de lluvias, sequías o heladas. La provincia de humedad según la clasificación Caldas-Lang: desértico-árido, semiárido, seco, subhúmedo, húmedo y superhúmedo.
- **Cobertura terrestre:** Se recomienda utilizar el sistema Corine Land Cover, al menos hasta tercer nivel, como bosques, arbustales, vegetación xerofítica, sabanas, cultivos, pastos o suelos desnudos. La información recolectada en este punto es un insumo importante para definir los sistemas de uso.
- **Sistema de uso:** Se debe especificar si son cultivos semestrales, anuales, bianuales y perennes, ganadería extensiva, intensiva o confinada, plantación forestal, extracción forestal, cultivos bajo invernadero, tipo de minería, otros usos. También se deben identificar las principales prácticas realizadas: mecanización, laboreo, sistemas de riego, fertilización, uso de plaguicidas u otros insumos agrícolas, actividades poscosecha, entre otros sistemas productivos.

4) Prácticas de manejo

Se recomienda especificar las prácticas de manejo que se realizan en la zona: Uso de maquinaria agrícola o minería, instrumentos y tipo de labranza, tipo y cantidad de fertilizantes, riego, drenaje, fertirrigación, vertimientos, etc. En las áreas en las que se aplica riego se debe especificar si es por gravedad, inundación o aspersión y el origen del agua de riego (si es de distrito de riego o de un cuerpo de agua), registrando también el nombre de la respectiva fuente.



5) Indicadores de desertificación (procesos de degradación)

- **Erosión:** Rasgos o manifestaciones de los procesos erosivos, calvas de erosión, surcos, cárcavas, pérdida parcial del horizonte superficial y de profundidad.
- **Salinización:** Se deben identificar los indicadores visuales de salinización, dentro de los que se encuentran costros o manchas blancas y/o negras, destrucción de la estructura, el caliche o salitre y vegetación halófila, con su nombre común y características.
- **Compactación:** Adensamiento, dureza, infiltración lenta, disminución de volumen o profundidad, raíces deformes, entre otros.
- **Transformación de la cobertura:** Deforestación, cambios de cobertura, cambios de uso de la tierra.
- **Otros procesos:** En lo posible identificar otros procesos de degradación de suelos compactación, acidificación, pérdida de materia orgánica, sellamiento, pérdida de capacidad de retención de agua, etc.

En el espacio de observaciones se pueden anotar todos los aspectos que se consideren relevantes o necesarios para caracterizar los procesos de degradación de suelos que no se han tenido en cuenta en las casillas anteriores.

6) Descripción del perfil de suelo:

El perfil de suelo que se va a muestrear con el sistema de cajuela y barreno. Se debe describir en campo, presentando la información de cada horizonte por separado. Se tomarán los datos de:

- Profundidad, color, textura, estructura.
- Reacciones con HCl al 10% para carbonatos libres y NaF al 4% en presencia de fenolftaleína y papel de filtro para determinar la presencia de alófana.
- Se determinará en campo, con el equipo multiparámetro: pH, conductividad eléctrica.
- Se establecerá el régimen de humedad del suelo. El espacio de observaciones está disponible para anotar

los aspectos y/o características del perfil que no se hayan contemplado en la descripción.

Fotografías: Se debe llevar el registro fotográfico de la zona, este incluirá:

- Una fotografía del paisaje.
- Una fotografía del uso.
- Una fotografía del perfil de suelo realizado en cajuela o barrenada.
- Una fotografía en la cual se muestren las características de la superficie y los indicadores de desertificación, si se presentan.

Relación de muestras: Debe llevarse un registro del número de muestras recolectadas tanto para el análisis de suelos como para el de agua y vegetación (ver figura 19).

Los datos capturados en este formulario se deben vincular al sistema de información para el monitoreo y seguimiento de la degradación de suelos (SIMSES), con el fin de generar y alimentar las bases de datos.





REPÚBLICA DE COLOMBIA
 MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE
 IDEAM, SUBDIRECCIÓN DE ECOSISTEMAS, GRUPO DE SUELOS Y TIERRAS
CARACTERIZACIÓN DE PROCESOS DE DESERTIFICACIÓN

CÓDIGO CAMPO
18_12

I. INFORMACION GENERAL

CÓDIGO: 25815_12_19
 Unidad de cobertura: **Pasto**
 Unidad suelos:
 Clasificación preliminar de grado:
 Unidad de susceptibilidad:
 Grado y clase erosión: **Muy severo**
 Grado y clase de salinización: **3**
 Otros procesos de degradación:
 No IDENTIFICADOR: **18_JULIO_2019**
 (Código DANE consecutivo muestra) FECHA(dd/mm/aa)
 DESCRITO POR: **OTERO J., NEIRA F., LOPEZ E.**
 PLANCHA (No, Fuente y Escala):
 1:10000

II. LOCALIZACIÓN

SITIO: CUNDINAMARCA DEPARTAMENTO TOCAIMA MUNICIPIO SAN PABLO VEREDA RIO MAGDALENA MACROCUENCA/ CUENCA/ MICROCUENCA
 GEORREFERENCIACIÓN GEOGRÁFICAS PLANAS CONTACTO:
 [Propietario, administrador, técnico, funcionario, etc.]

1. MÉTODO

GPS PLANCHA OTRO
 98212 939024 417
 4°26'03,3" 74°37'36,6" ALTITUD (m)
 LATITUD / NORTE (X) LONGITUD / ESTE (Y) Nombre:
 Email/Teléfono:

III. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ENTORNO

1. MATERIAL PARENTAL TIPO: **ARENISCA**
 ROCA Ignea Sedimentaria Metamórfica
 SEDIMENTOS
 MINERALES Aluviales Coluviales Diluviales Eólico Cenizas volcánicas Marinos Lacustres
 ORGÁNICOS
 ANTRÓPICOS

2. GEOMORFOLOGÍA

2.1. AMBIENTE MORFOGENÉTICO: Denedacional Denedacional estructural Fluvial - aluvial Eólico Volcánico Costero Marino Antrópico Otro
 2.2. UNIDAD GEOMORFOLÓGICA: Abanico Glacis Terrazas Lomas Colinas Depresiones Valle Otras geoformas
 2.3. FORMA DE LA PENDIENTE: Recta Convexa Cóncava Ondulada Irregular
 2.4. LONGITUD DE LA PENDIENTE: Muy corta (< 50m) Corta (50-250 m) Moder. Larga (250 - 500 m) Larga 500 - 1000 m) Muy larga (1000-2500 m) Extrem. Larga (>25000 m)
 2.5. INCLINACIÓN DE LA PENDIENTE: a (0-3%) b (3-7%) c (7-12%) d (12-25%) e (25-50%)
 2.6. GRIETAS ANCHO: _____ cm PROFUNDO: _____ cm
 2.7. MICRORRELIEVE: Escarceos Microdepressiones Gilgai Pata de vaca Zurales Hormigeros Termiteros
 COLINAS Y LOMAS ESTRUCTURALES:

3. CLIMA

3.1 EPOCA: Seca Lluviosa Veranillo Lluvias cortas
 3.2 AÑO: Niño Niña Normal
 3.3 CLIMA AMBIENTAL: Desértico Árido Semiárido - Seco Sub-húmedo Húmedo Superhúmedo
 3.4 REGIMEN DE HUMEDAD: Árido Ústico Údico Perúdic Ácuico Perúcuico

4. ASPECTOS BIOLÓGICOS

4.1 COBERTURA: Bosques Arbustales Vegetación xerófitica Sabanas Cultivos Pastos Suelos desnudos
 4.2 ENTORNO REGIONAL: Zona agrícola Zona agropecuaria Pastos Áreas urbanas Minas de sal Minería Cuerpos de agua Industria Condominios
 4.3 TIPOS DE USO DE LA TIERRA: Cultivos semestrales Cultivos anuales Cultivos bianuales Cultivos perennes Ganadería extensiva Ganadería intensiva Ganadería confinada Plantación forestal Extracción forestal (natural) Otros cultivos andinos Invernaderos/suelo Invernaderos/hidropónico Otro
 4.4 USO ESPECÍFICO:
 OBSERVACIONES: **PASTO EN MAL ESTADO Y ARBUSTIVAS XERÓFITICAS**



FORMATO DE CAPTURA DE CAMPO - DESCRIPCIÓN DEL SITIO



5.1 PRÁCTICAS DE MANEJO

- Mecanización
- Laboreo y labranza
- Fertilización Tipo:
- Desacapote y desyerbe
- Acequias y canales
- Riego
- Drenaje

- Riego**
- Gravedad
 - Inundación
 - Goteo
 - Aspersión

OTRO

Lluvia

Origen riego

- Distrito
- Cauce (río, quebrada) nombre

Drenaje

6. INDICADORES DE DESERTIFICACIÓN

6.1. CAMBIO DE COBERTURA

- Pastos
- Pastos degradados
- Pastos con árboles
- Pastos y herbazales
- Pastos y xerofíticas
- Xerofíticas
- Cultivos
- Cultivos con árboles
- Fragmentación
- Herbazales
- Otras

6.2. EROSIÓN

- Calvas
- Surcos
- Carcavas
- Terraceo
- Sedimentos
- E. Química
- Otros

6.3 SALINIZACIÓN

- Parches salinos
- Sales en superficie
- Credimiento irregular
- Caliche
- Salares
- Algas
- Otras

6.3 SALINIZACIÓN

- Compactación
- Quemaz
- Deslizamientos
- Deforestación
- Pisoteo ganado
- Encostramiento
- Sequía

6.4. DISTRIBUCIÓN

- En toda el área
- En lotes aislados
- En lotes intercalados

6.5 TEMPORALIDAD

- Todo el año
- Algunas épocas del año
- Muy pocas veces al año

5.3 OTRAS OBSERVACIONES

AFLORAMIENTOS ROCOSOS POR EROSIÓN MUY SEVERA

ARBUSTOS Y XEROFÍTICAS COLONIZADORAS

NO SE PUDO TOMAR DENSIDAD

7. DESCRIPCIÓN DEL PERFIL DE SUELOS

Horizonte	Profundidad (cm)	Color	Moteados-manchas	Textura	Estructura	Reacciones						
						BaCl	HCl	H2O2	Naf	pH	C.E. (ds/m)	TDS
A	11	10 YR 4/3		FA			-					
R							-					

78 FOTOGRAFÍA / DIBUJO / superficie

PERFIL, CAJUELA O BARRENADA



Foto: 25815_12b.g

9. DESCRIPCIÓN / OBSERVACIONES DE FOTO

No. foto _____

Coordenadas foto: _____

Orientación foto: _____

10. DESCRIPCIÓN / OBSERVACIONES GENERALES

SUPERFICIE O INDICADORES DE DESERTIFICACIÓN



Foto: 25815_12c.jpg



Figura 19. Modelo de formulario de campo (diligenciado) para la captura de información y caracterización del proceso de desertificación

2.2.2 Diseño del muestreo de campo y ubicación de los puntos de muestreo

La verificación de las delineaciones y calificaciones de las unidades espaciales de desertificación y la caracterización de cada una de ellas requiere un muestreo sistemático en campo. Para tal fin, se debe diseñar un sistema de muestreo representativo con el fin de extrapolar la

información a unidades homogéneas o similares. Este diseño se formula a partir de la zonificación preliminar obtenida en la etapa anterior y del mapa de susceptibilidad, sobre ellos se realiza un análisis de representatividad espacial identificando las zonas posibles para el muestreo.

Existen varios métodos que permiten establecer el diseño de muestreo; sin embargo, el más apropiado se apoya en los utilizados con los levantamientos de sue-

los donde se combinan los métodos de transectos, red libre y red flexible, adaptados a este estudio. El método parte de la ubicación estratégica de los transectos transversales a las unidades que presentan diferentes grados y tipos de desertificación. Sobre los dibujados se ubican los puntos de observación y muestreo, red flexible o libre, para verificar la calificación de las unidades del mapa y la toma de información para su caracterización (ver figura 20).



Baranoa, Atlántico.

Uno de los puntos de partida para el diseño del muestreo es la accesibilidad considerada desde la red vial. Otro análisis importante es la heterogeneidad de las unidades, o sea, ubicar las zonas en las que exista alta cantidad de diferentes unidades de desertificación. Dentro de estas zonas se definen los transectos y se ubican los sitios de muestreo. Esto permite abarcar una gran gama de unidades con el fin de caracterizarlas utilizando los formularios para captura de información y de toma de muestras.

Consideraciones para la realización del muestreo

- Las unidades calificadas por grado severo y muy severo o alta y muy alta en susceptibilidad serán prioritarias y deben tener mayor intensidad en el muestreo, aunque ocupen menor extensión.
- Se deberá realizar mayor énfasis en zonas con uso intensivo, en las cuales se evidencien sistemas de riego, producción de cultivos a escala comercial, extracciones mineras y cuerpos de agua contaminada utilizados para riego.
- La información suministrada por los técnicos, productores y campesinos

conocedores de la región es muy útil para localizar o reubicar los puntos de muestreo.

- El muestreo se debe complementar con sitios por fuera de los transectos, en particular, en las áreas con usos agrícolas o pecuarios en las que se use mecanización, riego y fertilización, zonas de deforestación y otras actividades que contribuyan a los procesos de desertificación. Aunque este muestreo se realiza con menor intensidad, debe ser representativo.

2.2.3 Preparación de instrumentos y materiales para el trabajo de campo

Materiales e instrumentos cartográficos:

- Los materiales cartográficos y los instrumentos de posicionamiento utilizados en el trabajo de campo deben ser preparados con anterioridad.
- Se debe disponer de las coberturas o mapas en formato digital para que sean visualizadas y manipuladas directamente en campo a partir de diferentes receptores o dispositivos

electrónicos que contemplen GPS (Global Positioning System).

- Se pueden utilizar dispositivos de captura compatibles con el software ArcGIS como Carry-map y ArcGIS Collector, entre otros. Hoy en día los celulares o las tabletas ya disponen de estas aplicaciones.
- En caso de no estar familiarizado con estas tecnologías, conviene llevar mapas impresos del área de estudio y, a mejor escala, de las zonas definidas para el muestreo.
- La información se captura directamente en campo, de manera que el usuario pueda ubicarse geográficamente en el terreno y tomar datos de forma automatizada. Sin embargo, el uso del formulario físico siempre será una opción para guardar la información.
- Se debe garantizar que a cada elemento se le asigne un código único de identificación, un único par de coordenadas geográficas (norte y este) o planas (X, Y) (no reasignables a otro elemento) y los demás atributos de información que se capturan por observación o medición objetiva, propios del muestreo que se esté realizando.

• MATERIALES PARA TRABAJO DE CAMPO •

Barreno, tipo holandés	Agua destilada	Bolsas pequeñas para etiquetas de las muestras de suelo
Palín, pala, barra y barretón	Equipo multiparámetro de campo	Cámara fotográfica
Equipo para toma de muestras indisturbadas para densidad aparente	Kit de soluciones para calibrar el equipo multiparámetro	Cuchillo de campo
Juego de anillos para densidad aparente	Marcador	GPS
Reactivos químicos y equipos:	Formatos de captura de información en campo	Tabla Munsell
Ácido clorhídrico al 10 %	Bolsas de 2 kg de capacidad para toma de muestras de suelos	
Cloruro de bario	Bolsas Ziploc o similar de 2 kg para empacar la muestra y la etiqueta	
Fenoltaleína	Etiquetas para marcar la muestra de suelos y aguas	
Fluoruro de sodio 4 %		
Peróxido de hidrógeno		
Papel de filtro		





Apoyo logístico y acompañamiento:

- Se debe iniciar la gestión con las instituciones del sector público y privado, lo mismo que con gremios y productores que se relacionan con esta problemática en las zonas de visitas de campo.
- Se deben programar reuniones previas para explicar y socializar el estudio, en especial con grupos diversos como instituciones públicas, gremios o profesionales del sector y productores y campesinos.
- El objetivo es obtener de ellos, por una parte información y orientación sobre los procesos de desertificación, y por otra, acompañamiento, apoyo para el trabajo de campo y los permisos para el ingreso a los predios donde se realizarán los muestreos.

2.3 Etapa de trabajo de campo

El trabajo de campo tiene como objetivo verificar las delineaciones y calificaciones de las unidades de zonificación preliminar y de susceptibilidad y coleccionar información de campo que contribuya a caracterizar las unidades espaciales de degradación, por medio de la aplicación de los métodos de muestreo y formularios de captura.

Para el logro de estos propósitos, se deben realizar las siguientes actividades:

- Recorridos de campo y levantamiento de información y datos.
- Toma de muestras de suelos para ser enviadas al laboratorio.
- Realización de reuniones y entrevistas con los profesionales de las instituciones locales y regionales, así como con productores, gremios o conocedores de la zona.

2.3.1 Recorrido general de reconocimiento de la zona y verificación de accesibilidad

La primera actividad en el trabajo de campo es un recorrido de reconocimiento de la zona de estudio. En este se debe:

- Verificar la accesibilidad a la zona y las condiciones de movilidad,
- Confrontar y ajustar los transectos definidos.
- Corroborar el diseño de muestreo, de acuerdo con la representación espacial de las unidades en el terreno.
- Calcular los tiempos de los trayectos entre los puntos de muestreo. Identificar las posibles dificultades que se puedan presentar.
- Realizar entrevistas con conocedores de la zona, las cuales permitan realizar los trabajos de campo con mayor seguridad, precisión y eficacia.

2.3.2 Recorridos para muestreo y levantamiento de información

Los recorridos se realizan según los transectos y los puntos de muestreo definidos en la etapa de preparación de campo, una vez ajustados en el reconocimiento previo. Estos recorridos se realizan normalmente por las principales vías de la zona de estudio. En ellos se ubican los sitios específicos de muestreo, en los cuales se aplican los formularios de campo y se coleccionan las muestras del suelo.

Los recorridos deben ser aprovechados también para:

- Tener una mayor visión de la región y abarcar una buena cantidad de unidades espaciales de degradación por desertificación, fuera de los puntos de muestreo.

- Incluir paradas de observación en puntos altos de buena visibilidad, en las que se verifican la calificación del estado actual y de susceptibilidad de varias unidades.
- Realizar entrevistas o reuniones con organizaciones locales y campesinos que puedan suministrar información histórica sobre el uso y las prácticas que han conducido a la desertificación.
- Realizar registros de las principales actividades en la región, haciendo énfasis en los principales usos y sus prácticas comunes de mecanización, riego, fertilización o abonamiento, tipo de minería y formas de extracción, problemas de sequía o cambios irregulares del clima, entre otros.

En cada sitio de muestreo se debe:

- Diligenciar el formulario de campo. Se recomienda diligenciar todas las casillas incluidas con la información del sitio específico y complementar con las observaciones particulares y dibujos o gráficos que expliquen las características del sitio. La información obtenida permitirá ajustar la calificación de las unidades y disponer de un mapa para el monitoreo y seguimiento.
- Capturar información cualitativa de las manifestaciones de la desertificación: rasgos de procesos de erosión, salinización, compactación u otro proceso de degradación.
- Registrar información adicional sobre poca cobertura vegetal, sequía en suelos, disminución de rendimientos, cambios en los caudales de las corrientes de agua.
- Realizar observaciones en los suelos, por medio de cajuelas, estas permiten conocer las características físicas, químicas, biológicas y morfológicas, de por lo menos los dos primeros horizontes.

- Tomar muestras de suelos en los dos primeros horizontes o al menos hasta los primeros 50 cm de profundidad para enviarlas al laboratorio.
- Realizar un registro fotográfico o filmico en cada sitio, este incluye paisaje (geomorfología), cobertura vegetal, uso de la tierra, perfil del suelo (en las cajuelas), manifestaciones de los procesos de degradación y otros que se consideren pertinentes para valorar los procesos de desertificación.

2.3.3 Toma de muestras de suelos para enviar al laboratorio

En la toma de muestras de suelos, se deben tener en cuenta las siguientes indicaciones:

- Abrir una cajuela de 50 x 50 x 50 cm o hasta identificar el horizonte B o hasta donde aparezca un limitante físico (ej. roca).
- Realizar la separación de horizontes, determinando el espesor de cada uno.
- Describir en cada horizonte: Color, textura, estructura, porosidad, pH, CE y reacción a carbonatos con HCl al 10 % y alófanos con NaF al 4 %.
- Describir en el perfil: Drenaje natural, profundidad efectiva, profundidad de raíces, actividad de organismos, clima edáfico.
- Registrar toda la información en los formatos previamente establecidos, junto con los registros fotográficos.

Toma de muestras del suelo

- Preparar con anterioridad los equipos de campo y los reactivos. Además, verificar la cantidad y calidad de las baterías de los equipos, se debe revisar su funcionamiento y calibra-

ción, en especial, del pH-metro y del conductímetro.

- Recoger de cada horizonte un kilogramo de suelo para enviar al laboratorio.
- La muestra se debe obtener del centro de cada horizonte para que sea representativa.
- Empacar en bolsas plásticas (ej., tipo Ziploc).
- Cada bolsa debe llevar su rótulo, con la identificación de la muestra y sus respectivos datos de ubicación (coordenadas, departamento, vereda) y los análisis de laboratorio por realizar.
- Recoger muestras indisturbadas de cada horizonte, para determinar la densidad aparente, por medio del método del cilindro.
- Empacar y rotular bien cada cilindro, para evitar su deterioro o alteración. Finalmente, se debe definir la forma de mantenimiento, preservación, conservación y transporte de las muestras, al igual que la seguridad de la cadena de custodia y del personal hasta llegar al laboratorio.

2.4 Etapa de poscampo

Esta etapa tiene varias actividades que se pueden desarrollar de forma consecutiva; entre ellas:

- Realizar análisis en el laboratorio de muestras de suelos. Elaborar la lectura e interpretación de los análisis 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.

2.4.1 Análisis de laboratorio de muestras de suelos

Las muestras colectadas en campo de los suelos son llevadas al laboratorio de suelos. Estas siguen los protocolos llevados a cabo por el laboratorio del Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) o de los laboratorios reconocidos y certificados. La metodología de procesamiento de las muestras en el laboratorio de la línea base de degradación de suelos por desertificación deben seguir las normas técnicas colombianas en cuanto a:

NTC 4113-2 Calidad de suelo. Muestreo. Guía sobre técnicas de muestreo, 1997.

NTC 4113-4 Calidad del suelo, muestreo. Guía para el procedimiento para la investigación de sitios naturales, seminaturales y cultivados, 2004.

NTC 4113-6 Calidad de suelo. Muestreo. Guía para la recolección, manejo y almacenamiento de suelo para la evaluación de procesos microbianos aeróbicos en el laboratorio, 1997.

NTC 3656. Gestión ambiental suelo. Toma de muestras de suelos para determinar contaminación, 2004.

Los métodos específicos de análisis de muestras de suelo en Colombia se describen a continuación:

Textura de suelos: Método hidrómetro de Bouyoucos. Su fundamento es medir el porcentaje de partículas de una muestra de suelo que se encuentran en suspensión.

Densidad aparente del suelo: Método del cilindro (Andrade e Ibrahim, 2003). Permite evaluar la relación que existe entre la masa de suelo recolectada por unidad de volumen real de las partículas (incluye suelo, raíces, espacios de poros).



Medición de pH del suelo en campo. Espinal, Cundinamarca

Humedad analítica: Determinación de la humedad del suelo por método gravimétrico. Establece la humedad del suelo y la relación de su contenido de agua con el peso o el volumen de la masa de suelo, expresándola en forma gravimétrica (relación con la masa del suelo) y volumétrica (relación con el volumen del suelo).

Conductividad eléctrica: En extracto de saturación de suelos permite evidenciar el contenido de sales y muestra la relación iónica. Se suele expresar en mmhos/cm, mSiemens/m o dSiemens/m a 25° C. En el laboratorio, la medida de la conductividad eléctrica se hace obteniendo el extracto de saturación de una muestra de suelo.

Reacción pH: Método potenciométrico (Willard et al., 1974; Bates, 1983). En laboratorio, la medida de potencial eléctrico se realiza a partir del extracto de saturación (250 g de muestra de suelo saturada con agua destilada).

Carbono orgánico en suelos: Método de Walkley Black (1934). Para valorar el carbono orgánico oxidable en una muestra de suelo seco.

Bases solubles: Por espectrofotometría de absorción (Ca, Mg) y emisión atómica (Na, K). El método radica en la propiedad que tienen los átomos de Ca, Mg, Na y K de emitir una radiación electromagnética con diferentes longitudes de onda de energía cuando son excitados.

Cationes asimilables (Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺): Método de extracción con acetato amónico y valoración con espectrofotometría de absorción atómica.

Puntos de retención de humedad (saturación, capacidad de campo, punto de marchitez): método de ollas de presión a 1/3 de bars se estima la capacidad de campo, a 15 bars se estima el punto de marchitez. La retención de humedad a punto de saturación se calcula con el método de la columna hidrostática.

2.4.2 Ajuste y reclasificación del mapa de zonificación preliminar

De acuerdo con los muestreos de campo, las observaciones adicionales y los resultados de análisis de laboratorio de suelos

se deben realizar los ajustes cartográficos sobre las delineaciones y la clasificación de las unidades requeridas del mapa de degradación de suelos por desertificación.



Considerando que la zonificación es producto del análisis espacial de cruce de mapas de degradación por erosión y salinización y uso de la tierra, es importante también ajustar cada uno de estos insumos y sus límites. En ese sentido, se efectúan las actividades necesarias por medio de procesos de SIG sobre las coberturas digitales, con el fin de crear la zonificación final de línea base de degradación de suelos por desertificación regional y nacional.

En cuanto al mapa de susceptibilidad del proceso, se debe considerar este es un modelo determinístico. De esta manera, de acuerdo con la revisión de campo, se pueden revisar y ajustar las calificaciones y pesos en cada uno de los insumos cartográficos utilizados y nuevamente correr el modelo, de tal manera que se llegue a una aproximación según lo visto en el terreno.

2.4.3 Elaboración del mapa final de zonificación de degradación de suelos por desertificación y su leyenda

El resultado final de la fase de zonificación es el mapa de línea base con unidades de degradación por desertificación, calificadas con los atributos de grado, tipo y origen, el cual debe cumplir con los estándares de calidad cartográficos mínimos.

Para continuar el procedimiento, una vez ajustado y reclasificado el mapa de zonificación preliminar, se elaboran varios procesos cartográficos de SIG (ver Figura 21). El primer paso es el geoprocésamiento de unión con la cobertura digital que contemple el perímetro de la zona de estudio, teniendo como referencia la cobertura digital de la base cartográfica oficial del IGAC Instituto Geográfico Agustín Codazzi, en la cual se rescatan los cuerpos de agua, centros urbanos y afloramientos rocosos, estos se contemplan como geometría tipo polígono los cuales interfieren en las áreas y estadísticas de la zonificación de la degradación de suelos por salinización. La base cartográfica oficial del IGAC es necesaria para alimentar el mapa con el fin de obtener uno temático con una base cartográfica completa (vías, drenajes, curvas de nivel, entes administrativos, orografía, etc.).

El siguiente proceso es la revisión de las unidades mínimas de mapeo, o sea la superficie menor que puede ser representada sobre un mapa, de acuerdo con criterios dependientes del tipo de levantamiento realizado, esta debe cumplir con estándares de calidad. El principio del área mínima cartografiada permite coherencia en la representación espacial, eficiencia en la lectura y utilidad del mapa en formato impreso. Este principio indica que, a partir de determinada área espacial, los polígonos y sus correspondientes contenidos deben ser generalizados; de lo contrario, dificultan la distinción por parte del usuario cuando se lea en formato analógico (Salitchev, 1979). Las áreas mínimas cartografiadas generalmente son de 4 x 4 mm para diferentes escalas de levantamiento. Las sugerencias de área mínima deben ser consideradas como una guía y no como un valor absoluto. De todos modos, la

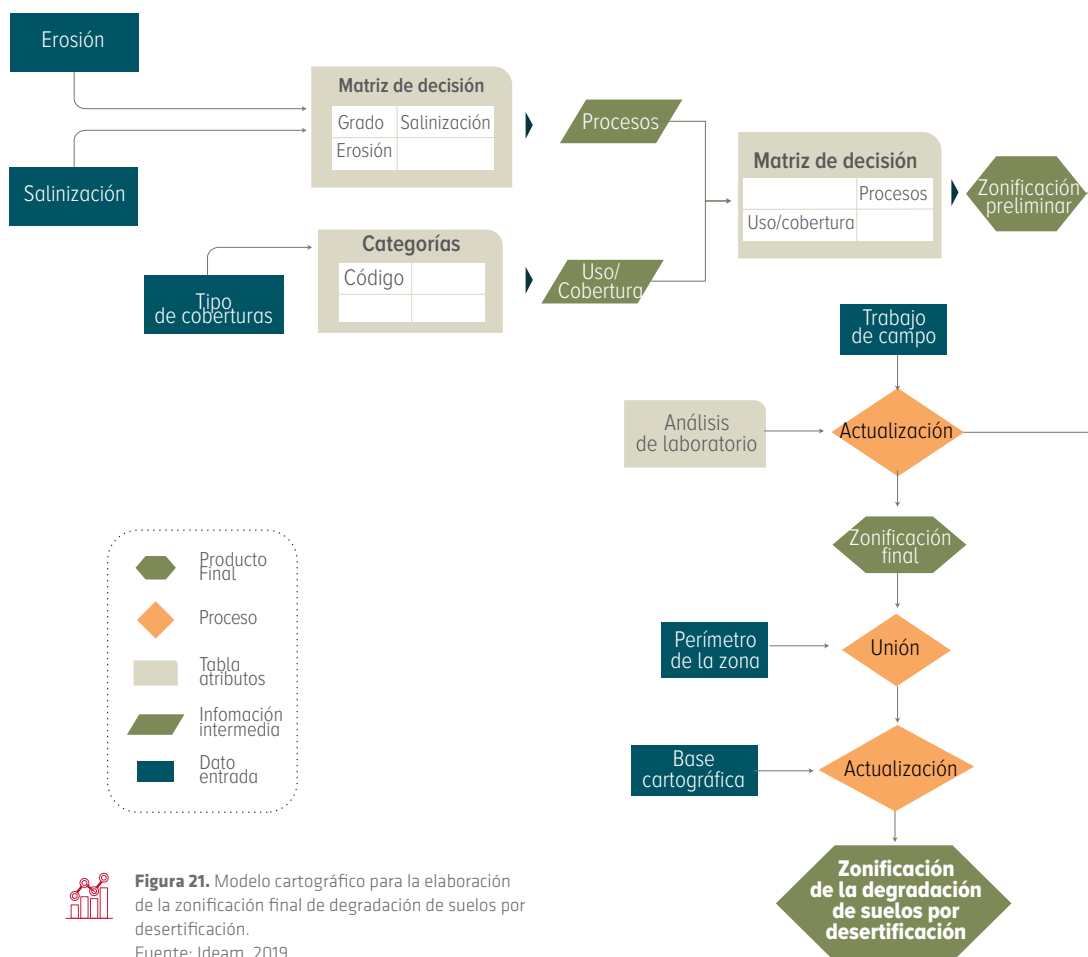


Figura 21. Modelo cartográfico para la elaboración de la zonificación final de degradación de suelos por desertificación. Fuente: Ideam, 2019.



complejidad del territorio mapeado jugará un papel importante en la selección del área mínima y sus umbrales.

Luego, se procede a realizar el geoprocesamiento de agrupar al vecino más cercano (Eliminate) teniendo en cuenta que dichas áreas agrupadas son intrascendentes a la escala. El proceso se inicia seleccionando los campos que no cumplen con el área mínima cartografiable, posteriormente, se geoprocesan agrupándolos al vecino más cercano.

Finalmente, se hace la revisión topológica (consistencia lógica, continuidad, conectividad, sobreposición de elementos, vacíos cartográficos, entre otros), esta se garantiza usando las reglas topológicas cartográficas:

- No debe superponerse - *Must Not Overlap*", requiere que el interior de los polígonos no se superponga. Estos pueden compartir ejes o vértices. Esta regla se utiliza cuando un área no puede pertenecer a dos o más polígonos. Resulta útil para modelar límites administrativos, como códigos postales o distritos electorales y clasificaciones de área mutuamente exclusivas, como cobertura de suelo o tipo de forma de suelo;
- No debe haber huecos - *Must Not Have Gaps*", esta regla precisa que no haya vacíos dentro de un polígono simple o entre polígonos adyacentes. Todos deben formar una superficie continua. Siempre existirá un error en el perímetro de la superficie. Puede ignorar este error o marcarlo como una excepción. Utilice esta regla con los datos que deben cubrir un área completamente. Por ejemplo, los polígonos de suelo no pueden incluir espacios ni formar vacíos, deben cubrir un área comple-

ta. La cobertura digital de la zonificación de línea base de degradación de suelos por desertificación, junto con los estándares de calidad cartográficos mínimos, debe contener su simbología o representación. Esta acción permite personalizar la apariencia de las entidades almacenando la información del símbolo con la geometría de la entidad para identificar sus clases. Las representaciones son la propiedad de una clase de entidad que se almacenan en tablas del sistema en la geodatabase y en la entidad.

En este caso, es conveniente la representación simbólica por la clasificación del grado de degradación por desertificación, considerando que es la característica que permite una lectura rápida del estado actual del terreno frente al proceso de degradación (ver tabla 5), mientras que las clasificaciones de tipo y origen se pueden identifi-

car con anotaciones (labels) por medio de abreviaturas.

En la conformación final del mapa se puede utilizar una plantilla, documento de mapa para el caso del software ArcGIS (.mxd), a partir de la cual se crean nuevos documentos. Además pueden incluir capas del mapa base o constituir un surtido de los diseños más utilizados. Asimismo facilitan la reutilización o la normalización de un diseño en una serie de mapas. La información de referencia incorpora logos y nombres de las entidades autoras o responsables del mapa, un título que lo identifique, la leyenda (simbología temática), las convenciones (simbología de la base cartográfica), un mapa de localización, la escala -ya sea gráfica y/o numérica-, información del sistema de referencia así como del sistema de proyección, fuentes, fecha de publicación, copyright (derechos de autor), entre otros (ver ejemplo en la figura 22).






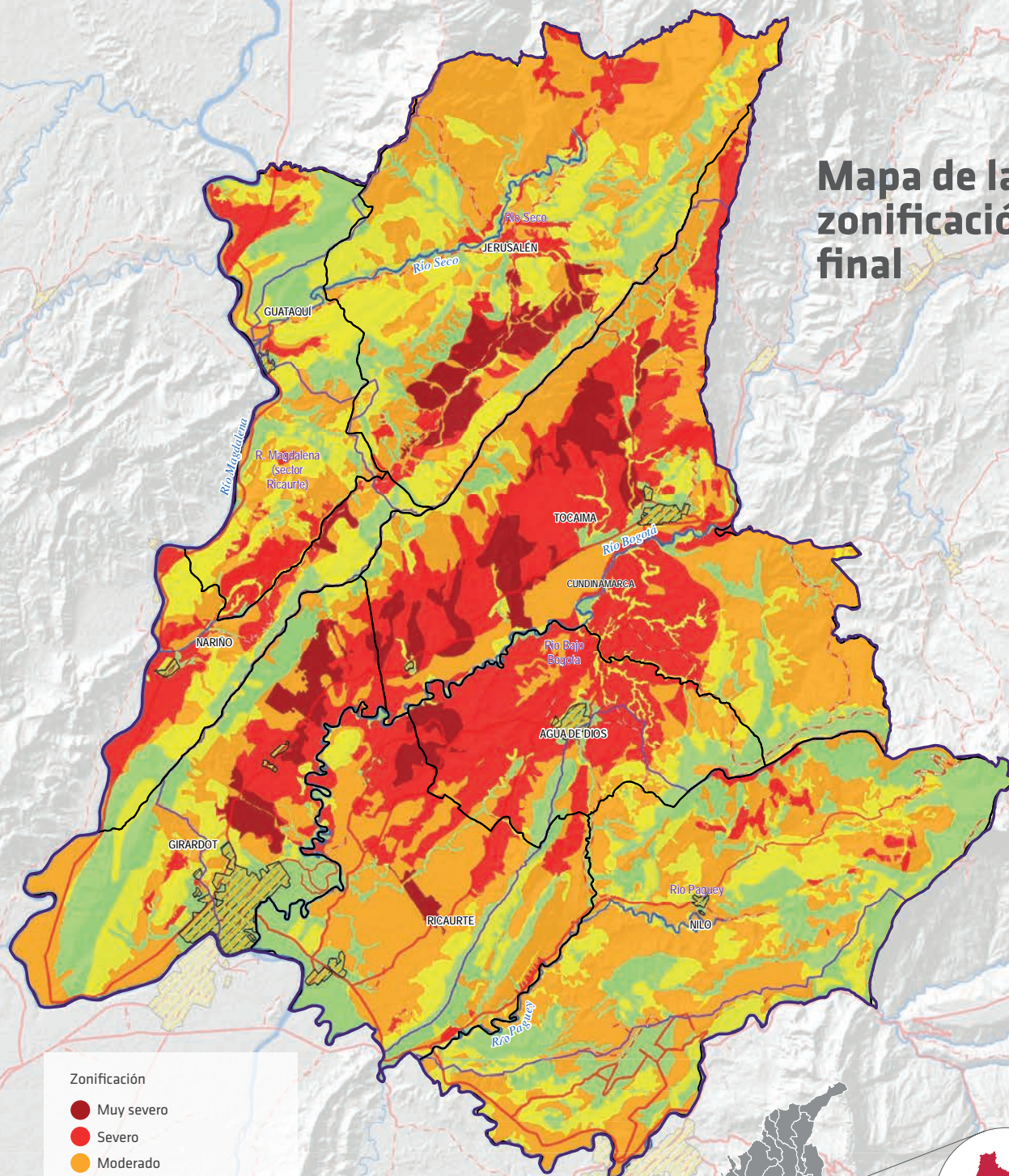
Grado de desertificación		R - G - B
	Muy severo	255 - 0 - 0
	Severo	255 - 170 - 0
	Moderado	255 - 255 - 0
	Ligero	163 - 255 - 115
	Muy ligero	0 - 97 - 0



Tabla 5. Representación del grado de degradación de suelos por desertificación.
Fuente: Ideam, 2019.

Mapa de la zonificación final



Zonificación	
●	Muy severo
●	Severo
●	Moderado
●	Ligero
●	Muy ligero
	Subcuenca
	Límite municipal
	Zonas urbanas
●	Cuerpos de agua

	Vía tipo 1
	Vía tipo 2
	Vía tipo 3
	Vía tipo 4

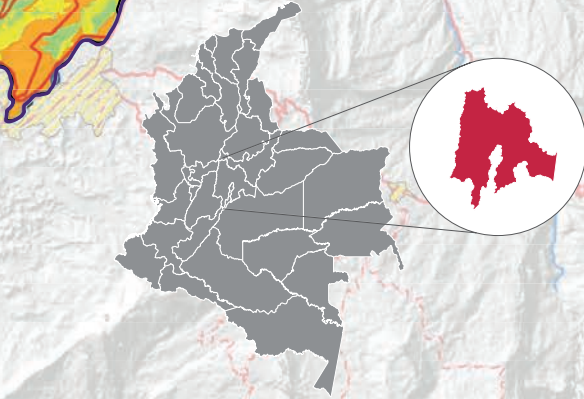


Figura 22. Mapa de la zonificación final de la degradación de suelos por desertificación, Provincia Alto Magdalena, CAR, Cundinamarca. Fuente: Ideam, 2019.



2.4.4 Control de calidad del mapa de zonificación de la degradación de suelos por desertificación

El control de calidad consiste en un proceso de revisión y corrección continuo y sistemático de seguimiento al proceso de obtención de unidades de la zonificación de degradación de suelos por desertificación, con el propósito de garantizar la aplicación de la metodología planteada, la consistencia lógica y geométrica de la cobertura digital dentro de una base de datos espacial y alfanumérica.

Para la revisión y aseguramiento de la aplicación de esta metodología, es necesario contar con un equipo de profesionales de control de calidad, que vaya revisando y supervisando la producción del mapa a medida que este se genera. Este proceso debe incluir la revisión de los insumos cartográficos utilizados, los procesos de análisis espaciales en SIG (en especial las reclasifi-

caciones), los mapas intermedios generados y la consistencia cartográfica.

Es importante que este equipo de orientaciones tenga un diálogo permanente con el equipo técnico de trabajo, con el fin de evitar reprocesos, así como dar solución oportuna a las inconsistencias presentadas en el transcurso de la producción de la zonificación.

En cuanto al control de calidad cartográfico, el mapa o cobertura digital se somete a un análisis de resultados cartográficos en el cual son partícipes también el equipo técnico de trabajo, estos evalúan los siguientes aspectos: codificación, delimitación y nivel de detalle.

Codificación: Se revisa si cada polígono tiene asignado el código que representa la unidad: grado, origen y tipo. También se confrontan las clasificaciones en relación con los mapas de susceptibilidad y de los insumos utilizados (zonificación de erosión, salinización, uso de la tierra),

posteriormente, se verifica que los campos estén diligenciados en su totalidad.

Delimitación: Se revisa el borde y límite de los polígonos obtenidos de los análisis espaciales, según los insumos de susceptibilidad y línea base, observando que encierren con la mayor exactitud la clase evidenciada de manera que no presenten bordes angulados por falta o por exceso de vértices o que se hayan generado polígonos astilla.

Área mínima: Se verifica que los polígonos delimiten en lo posible unidades puras siguiendo los criterios de área y ancho mínimo para cada clase.

En caso de que se realicen revisiones o cambios posteriores a la elaboración final de los mapas, se efectúan nuevamente los procesos anteriormente señalados, además se confirman los estándares de calidad cartográficos mínimos: área mínima cartografiable y revisión topológica.



3. ANÁLISIS DE CAUSAS E IMPACTOS

El propósito de esta fase es identificar y evaluar las causas y consecuencias de los procesos de degradación de suelos por desertificación en las unidades de análisis a nivel regional. En esta fase se desarrollan las siguientes etapas:

- Identificación y definición de variables y criterios de las causas de la desertificación.
- Análisis preliminar de los impactos de la degradación por desertificación.
- Trabajo de campo: Levantamiento y validación de información.
- Poscampo y formulación de indicadores.

El modelo FPEIR se utiliza para determinar y organizar la información asociada a los indicadores de fuerzas motrices (causa indirecta), presiones (causa directa), impactos (consecuencias) y respuestas (acciones implementadas frente a la problemática por los diferentes actores sociales e institucionales) (ver figura Fpeir). En cada caso se utiliza una pregunta orientadora con la cual se deducen variables, fuentes de información, hipótesis y criterios (Ver figura página 68).

3.1 Etapa de identificación y definición de variables de causas de la degradación de suelos por desertificación

3.1.1 Identificación de variables y criterios de causas directas de la desertificación

Las causas directas de la degradación de los suelos por desertificación están relacionadas con los indicadores de presión, entre los cuales las actividades humanas y las causas naturales pueden conducir a la degradación.

A continuación, se presenta se presenta la tabla 6, donde se relacionan las principales causas directas que inducen a la degradación de suelos por desertificación.

Grupo de presiones	Causa directa	Descripción/relación
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 es 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 tener más información.
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 utilización de aguas salinas
	Aplicación inadecuada de fertilizantes	Las dosis y fuentes de los fertilizantes, generalmente, no obedecen a los requerimientos de los cultivos ni a los análisis de suelos (poco se hacen)
	Aplicación excesiva de agroquímicos (pesticidas) residuales	Las plagas y enfermedades cada vez son más frecuentes y agresivas, se incrementan las dosis y aplicaciones de pesticidas, generando mayor residualidad y contaminación en el suelo
	Exceso utilización de maquinaria agrícola	La maquinaria agrícola en exceso genera compactación y pérdida de estructura en el suelo, esto disminuye la retención de humedad
	Labranza exagerada o continua	La preparación de terreno, en general, es muy exagerada, destruye la estructura del suelo y acelerando la erosión
	Deforestación a tala rasa	El cambio de cobertura natural es el principio de la degradación de las tierras
Deforestación y remoción de vegetación natural	Forestación comercial a gran escala	Las plantaciones forestales uniespecie continua disminuyen la biodiversidad y los procesos biológicos en los suelos
	Incendios forestales	Los incendios forestales y las quemas en praderas y cultivos matan la vida en el suelo, disminuyendo la descomposición de materia orgánica
	Infraestructura forestal	La extracción de madera requiere maquinaria pesada que induce a la compactación
Prácticas pecuarias	Sobrepastoreo	El excesivo pastoreo de ganado desprotege 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, en especial, en zonas de ladera
	Pisoteo o tránsito excesivo del ganado	El tránsito continuo de ganado produce compactación y disminución en retención y movimiento de agua en el suelo
Actividades industriales o mineras	Depositación de residuos	Los depósitos de escombros y residuos, así como los vertimientos industriales o el reuso de aguas para riego producen contaminación y salinización en los suelos, también disminuyen la retención de humedad y la porosidad
	Vertimientos sobre suelos de aguas industriales o minería	
	Contaminación por vertimientos o riegos	
Desarrollo urbano e infraestructura	Construcciones urbanas en suelos con vocación agropecuaria	El sellamiento de suelo anula la infiltración y aumentan la escorrentía. Suprimen los servicios de los suelos
	Construcción de infraestructura recreativa, turística	Las vías en zonas de ladera desestabilizan taludes y crean erosión y movimientos en masa
	Construcción de vías y caminos	
Alteración del ciclo hidrológico	Prácticas de adecuación de tierras (riego o drenaje)	Los sistemas de riego y drenaje debido a obras de adecuación de tierras alteran el ciclo hidrológico en el suelo cambiando las propiedades físicas y químicas de los suelos
	Cambios en la infiltración y conductividad hidráulica	La disminución o aumento de la infiltración o la conductividad hidráulica alteran el ciclo hidrológico en los suelos
Causas naturales	Relieves extremos (pendientes muy fuertes)	Las zonas con pendientes muy fuertes y largas laderas aumentan la escorrentía, la erosión y disminuyen la retención de humedad
	Intensidad muy alta de lluvias o tormentas	Las lluvias de alta intensidad forman escorrentía y erosión
	Zonas de inundación	En los sectores de inundación o de encharcamiento la acumulación de sales es común
	Sequías extremas y variabilidad climática.	Las temporadas de sequías debidas a la variabilidad y cambio climático disminuyen notablemente la producción de biomasa y desprotegen los suelos
	Movimientos en masa naturales	Los movimientos en masa desprotegen los suelos y promueven la erosión



Tabla 6. Causas directas de la degradación de suelos por desertificación, variables y criterios. Fuente: Ideam, 2019.



A partir de la identificación de los factores y de las variables de las causas de la desertificación se identifican la revisión y los análisis de información primaria y secundaria. Esta actividad debe enfocarse en lo económico, ecológico y social que se relacionen directamente con la degradación de suelos, tales como las actividades agrícolas, pecuarias y minería. La revisión histórica de la construcción de territorio, procesos y modelos de colonización, determinantes culturales en el aprovechamiento y uso de los recursos naturales, cosmovisión, modos y sistemas de producción, relación con mercados y demanda interna, son temas que contribuyen al análisis de las causas directas.

3.1.2 Identificación de variables y factores de causas indirectas de la desertificación

Las causas indirectas o fuerzas motrices deben enfocarse en aquellos temas socioeconómicos, culturales, normativos y de política que puedan relacionarse de manera indirecta o que expliquen los problemas de degradación de suelos por desertificación.


Con respecto a la consulta de información de estos temas es recomendable la revisión de la literatura relacionada con las dinámicas poblacionales, la tenencia de la tierra, los niveles de pobreza y educación, los conflictos y guerras y las políticas históricas en los sectores agropecuario, minero y de infraestructura (ver tabla 7).



 Villavieja, Huila

En la siguiente matriz se presenta una relación de las principales fuerzas motrices que han contribuido a la desertificación:

Tipo	Fuerza motriz	Descripción/relación
Social/ cultural	Densidad poblacional	Se estima que una alta presión poblacional puede desencadenar procesos de degradación, debido a la competencia por la tierra y los recursos naturales.
	Tenencia de la tierra	El acceso a la tierra o la incertidumbre jurídica pueden llevar a su inapropiado uso. El arrendamiento o la aparcería, sin ningún sentido de pertenencia, contribuye al uso indiscriminado de los suelos, acelerando los procesos de degradación.
	Nivel de pobreza	Las zonas con fuerte pobreza no permiten inversiones en prácticas de manejo de conservación de los cultivos, por el contrario, se continúan utilizando prácticas agrícolas inadecuadas (como el arado de laderas y el sobrepastoreo), sin ninguna retribución al sistema que empeoran la pobreza.
	Nivel de educación y formación	El nivel educativo en las zonas rurales es más bajo que el de las ciudades. La educación a los usuarios de la tierra tiende más hacia la adopción de nuevas tecnologías de producción mas no a su conservación. La sensibilización y acceso al conocimiento sobre los recursos naturales no son suficientes ni comparables con los agrónomos.
	Cultura indígena, negritudes, campesinado	Las formas culturales tradicionales y el conocimiento local han contribuido a la conservación de los suelos en la mayoría de las tierras indígenas o de negritudes; sin embargo, en estas zonas aparecen formas de producción modernas de degradación.
Político/ económico	Políticas agropecuarias	El fomento de las tecnologías, formas de producción o el incentivo de ciertos productos han tenido aspectos positivos en algunos cultivos y gremios; sin embargo, en la mayoría de los casos no están acompañados de prácticas de conservación que impidan la degradación.
	Políticas sobre infraestructura (vial, minera, industrial)	Los desarrollos de infraestructura, en especial, el diseño y construcción de vías en zonas de ladera contribuyen a la desestabilización de taludes y han ocasionado serios problemas de erosión, movimientos en masa y sequías.
	Conflictos, guerras, contiendas	Los conflictos armados en el país han ocasionado cambios fuertes en los usos del suelo. El uso de pasturas se ha favorecido ocasionando degradación biológica y disminuye las opciones de uso. Pero también la economía local o regional se ve afectada y el desplazamiento de la población genera tierras "baldías" o acaparamiento con poco manejo de conservación.
	Gobernanza/ Institucionalidad	La normatividad y sus aplicaciones en algunos casos favorece la conservación, pero en otros crea degradación. El gobierno y sus instituciones pueden ser conductores indirectos en la implementación de prácticas de manejo sostenible o, por el contrario, impulsores de degradación. En Colombia, las instituciones que trabajan en suelos son muy escasas y hay poca inversión en la conservación de los suelos.
	Créditos y subsidios	Los sistemas crediticios, la banca y las inversiones agropecuarias generalmente no consideran las prácticas de manejo sostenible de suelos dentro de su otorgamiento o evaluación. En ese sentido, se pueden promover proyectos productivos en zonas que no tienen aptitud.

 **El análisis de las causas indirectas contribuye a entender la problemática actual de la desertificación y establecer relaciones con las causas directas a fin de tener un mayor conocimiento sobre los procesos de degradación, con el fin de dar lineamientos para su control, prevención y manejo sostenible.**

3.1.3 Identificación de variables sobre los impactos de la degradación de suelos por desertificación

Los impactos de la desertificación se entienden como los efectos de la degradación del suelo en zonas secas, ya que de manera directa producen afectación desfavorable de las funciones y servicios que brinda el suelo, pero de manera indirecta, sobre las actividades humanas: económicas, sociales, culturales. Los principales impactos se reflejan en la productividad de los cultivos, la calidad de vida de los habitantes, sus prácticas sociales y culturales, se generan patrones de desplazamiento, entre otros.

En ese sentido, la identificación y los análisis de los impactos se deben organizar con base en la información relacionada con los componentes afectados: ecológico, económico y sociocultural. Las variables de impacto pueden provenir de información oficial secundaria sobre la vocación de los suelos, las áreas protegidas y prioritarias para la conservación, cambios de uso y de rendimientos, cambios en la calidad y cantidad de agua, incrementos en los costos de producción, pérdida de biodiversidad y desplazamiento.



Tabla 7. Fuerzas motrices de la degradación de suelos por desertificación. Fuente: Ideam, 2019



to de la población. Esta información puede ser validada, enriquecida u obtenida en talleres y conversatorios con los actores de cada región.

Los impactos directos son ecológicos, están relacionados con la afectación sobre las funciones y servicios ecosistémicos de los suelos. La degradación de

los suelos en tierras secas cobra mayor importancia que en las zonas húmedas ya que su pérdida por erosión o la disminución de la disponibilidad hídrica tienen un impacto mayor. En algunos casos, los efectos de la degradación pueden ser ocultados por varias medidas, como el uso de fertilizantes o el aumento del rie-

go (a veces con agua contaminada). Esas medidas son utilizadas para compensar la pérdida de productividad causada por la erosión o la pérdida de nutrientes o de la calidad del agua (ver figura 23).

Algunos de los principales impactos directos o indirectos se presentan en la siguiente tabla.

Componente	Tipo de impacto	Descripción/indicador
Ecológico	Pérdida de productividad primaria neta (biomasa)	El crecimiento vegetal se ve afectado notoriamente, por lo tanto, la producción de biomasa, que influye en la captura de carbono y la generación de materia orgánica para el suelo
	Pérdida de materia orgánica (carbono orgánico del suelo)	La desprotección del suelo y la falta de materia prima vegetal y animal afectan los contenidos de materia orgánica
	Pérdida de fertilidad o nutrientes	La erosión hace que los materiales nutrientes de suelos se pierdan. Esto conduce a mayor utilización de fertilizantes
	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.
	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, o en otros casos afectan la conductividad hidráulica generando encharcamientos
	Cambios en los contenidos de humedad del suelo (capacidad de campo, punto de marchitez)	La salinización y compactación traen consecuencias fuertes sobre la retención de humedad en los suelos; generalmente, la humedad útil o aprovechable se disminuye
	Aumento de las emisiones de los 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
	Pérdida de biodiversidad y edafobiodiversidad	La falta de cobertura vegetal incide sobre los hábitats y las fuentes de alimentación de la fauna, disminuyen las poblaciones y crean migraciones. La fauna del suelo se ve afectada debido a la falta de material para la descomposición
Afectación de áreas protegidas y prioritarias para la conservación	Los procesos de degradación de tierras afectan las áreas protegidas de zonas secas, transforman la vegetación natural y los hábitats para la fauna	
Económico	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 pasturas de bajo rendimiento
	Disminución de la productividad (rendimientos)	La erosión, salinización, compactación y otros procesos de degradación afectan notoriamente los rendimientos de los cultivos de zonas secas, hasta hacerlos poco rentables
	Disminución de la capacidad de carga	La ganadería se ve afectada por el poco crecimiento de las pasturas y mayores sequías. La carga por hectárea es cada vez menor y los rendimientos en leche o carne disminuyen
	Disponibilidad de tierras	La desertificación causa que se requiera mayor superficie para tener una misma producción. Las zonas severas y muy severas ya no son productivas y la disponibilidad de tierras se ve afectada
	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 de los cultivos se incrementan
	Disminución de los ingresos/ aumento costos de producción	Las zonas afectadas por la desertificación requieren mayores insumos agrícolas para sostener la producción, en muchos casos no se logran. Los costos de producción se incrementan y los ingresos bajan
	Afectación en áreas de vocación agrícola y ganadera	Las tierras secas dentro de la frontera agrícola con vocación agrícola o pecuaria son las más afectadas por los procesos de salinización, erosión y compactación

Componente	Tipo de impacto	Descripción/indicador
Sociocultural	Conflictos territoriales	La desertificación agrava los conflictos de uso y la sobreutilización de los suelos se hace más evidente. Pero también tiene relación con los conflictos armados y los desplazamientos de población.
	Seguridad y autonomía alimentaria	La baja producción y la falta de diversidad de alimentos influyen sobre la autonomía alimentaria. Los pocos ingresos y falta de oportunidades ponen en peligro la seguridad alimentaria de zonas secas.
	Mayor índice de pobreza	La desertificación está asociada a un incremento en la pobreza en zonas rurales.
	Cambios en el valor de la tierra	Las tierras con procesos de degradación de tierras disminuyen su valor económico y dificultan su compraventa.
	Cambios NBI	Las necesidades básicas insatisfechas se ven aumentadas en las zonas con desertificación.



Tabla 8. Impactos de la degradación de suelos por desertificación. Fuente: Ideam, 2019.





De acuerdo con este listado, se debe hacer la revisión de información secundaria en distintos niveles de análisis. De otra parte, es necesario complementar la con la captura de información primaria por medio de encuestas, talleres y reuniones con los distintos actores de la región. La selección y priorización de estos impactos contribuirán a la definición de los principales indicadores de la desertificación, de cara a las actividades de monitoreo y seguimiento del proceso.

3.2 Etapa de preparación de trabajo de campo

Conforme a lo señalado, se requiere información específica y multitemática que contribuya al análisis de las causas y consecuencias de la degradación de suelos por desertificación. En los niveles nacional, regional y departamental, se cuenta con información de estudios socioeconómicos y ambientales con la cual se registran algunos análisis; sin embar-

go, algunas variables son específicas y no cuentan con información suficiente. De esta manera, la validación de la información secundaria y el levantamiento de la primaria sobre las variables y los criterios es pertinente con el fin de explicar las causas y las consecuencias de la degradación de los suelos por desertificación.

Los métodos utilizados para este fin consisten en la elaboración de talleres, reuniones, conversatorios y la aplicación de cuestionarios con los actores sociales e ins-



Figura 23. Impactos o consecuencias de la degradación de suelos por desertificación.
 Fuente: Elaboración propia (Idea: autores. Ilustración Camilo Sánchez)

titucionales de forma participativa; estos validarán e incrementarán la información y los datos. También se deben aprovechar estos espacios para la sensibilización de la problemática de la desertificación y la socialización de la política de suelos y el programa de monitoreo y seguimiento a la degradación de los suelos. La percepción de la población frente a esta problemática ayuda tener un mejor conocimiento, pero conduce a la concertación de acciones y la formulación de proyectos para la conservación, rehabilitación, restauración y manejo sostenible de suelos.

A continuación se presenta una serie de actividades y herramientas conjuntas para formar un proceso ordenado:

- Identificación de los actores relacionados con los procesos de desertificación de suelos.
- Diseño y elaboración de instrumentos para la toma de información en campo.
- Convocatoria a talleres o conversatorios.

3.2.1 Identificación de actores relacionados con los procesos de desertificación de suelos

La fase de zonificación ha arrojado como resultado un mapa de susceptibilidad y otro de zonificación de la línea base del estado actual de la degradación de sue-

los por desertificación, esta evidencia cómo y dónde se está produciendo el proceso y con qué intensidad. Ahora es importante saber quién o quiénes han causado este problema y sus consecuencias. Para responder a estas preguntas, se debe partir de un reconocimiento de actores sociales e institucionales en los distintos niveles de análisis con los cuales se interactúa y se valida la información secundaria y se levanta la primaria.

En la tabla 9 se relacionan los principales actores por cada nivel de análisis nacional y regional, sin desconocer que en lo local inciden actores regionales y nacionales en la gestión de los suelos.



Montenegro, Quindío.



Nivel de análisis del estudio	Unidad espacial de referencia	Actores relevantes
Nacional	Áreas hidrográficas, departamentos, Jurisdicción de autoridades ambientales regionales (CAR)	Centros de investigación agropecuaria y rural
		Universidades y centros académicos
		Ministerios de Agricultura, Ambiente y Minería
		Gremios productivos del sector agropecuario
		Instituciones nacionales: DNP, Colciencias, Agrosavia, ADR, ANT, Servicio Geológico Colombiano, IGAC, Ideam, IAvH, UPRA
	Autoridades ambientales regionales (CAR)	
Regional	Zonas y subzonas hidrográficas (cuencas, meso cuencas), departamentos, jurisdicción de autoridades ambientales regionales, subregiones	Autoridades ambientales regionales, secretarías de ambiente
		Gobernaciones y secretarías de agricultura y planeación
		Gremios regionales (agropecuarios, industriales)
		Oficinas regionales de ANT, URT, ADR, ART
	Jurisdicción de resguardos Indígenas/negritudes	Autoridades de resguardos/negritudes
	Zonas de protección: PNN, DMI, RFP, RSC, entre otros	Parques nacionales naturales y oficinas regionales y representantes de otras áreas protegidas.
	Municipios, provincias	Alcaldes, secretarías de planeación, ambiente, agricultura, Umatas
Líderes comunales		
Juntas de acción comunal		
Distritos de riego	Coordinador de Asorriegos Coordinadores de distritos de riego	
Unidades productivas	Campeños, productores, agremiaciones, cooperativas	



Tabla 9. Actores principales.
Fuente: Ideam, 2019

De acuerdo con este listado, es preciso seleccionar y priorizar a los actores más relevantes para tratar la desertificación en cada región.

3.2.2 Diseño y elaboración instrumentos para la captura de información

Las causas y las consecuencias de los procesos de desertificación se evidencian en el terreno, por consiguiente es importante elaborar instrumentos de captura de información con los cuales se

recopilen datos e información primaria en los sitios donde hay manifestaciones de la desertificación de los suelos. Además escuchar las voces de los habitantes de las áreas afectadas.

De esta forma se diseña un cuestionario que oriente entrevistas o conversatorios, en referencia a la información de los diferentes actores acerca de los patrones observados en cada región (ver figura 24). Este cuestionario puede ser debatido y adaptado por el equipo de trabajo durante la etapa de planeación inicial, pero sí

hace énfasis en las características de cada región o sector de las zonas estudiadas, debido a que la desertificación tiene causas o impactos distintos según los entornos naturales, sociales y culturales. Por ejemplo, las causas de la desertificación en la región del Patía (Cauca) no son las mismas que en Villa de Leyva (Boyacá), asimismo sus consecuencias también son distintas.

La desertificación en el país y en las regiones es desconocida o a veces sus términos se confunden con desertización (tema tratado en el marco conceptual). De esta manera, para reconocer el problema, sus causas y las consecuencias, es conveniente hacer, al principio de los conversatorios y las entrevistas, una pequeña capacitación y sensibilización acerca de esta, según el nivel de conocimiento y actividad desempeñada por cada actor.

El cuestionario contiene una serie de preguntas y orientaciones, en los componentes ecológico, económico y sociocultural. Este sirve como guía para realizar las entrevistas como una lista de verificación, además asegurará la obtención –básicamente– de la misma información a partir de varios actores. Las entrevistas pueden ser flexibles según el entrevistado, ya que el orden y el funcionamiento real de las preguntas no se determina por anticipado. El entrevistador podrá tener libertad para guiar las preguntas con mayor o menor profundidad, según el actor o la situación a analizar.

A continuación se presentan algunos modelos de cuestionarios según los diferentes actores sociales e institucionales. Las preguntas están organizadas de acuerdo con los indicadores FPEIR y por componentes; de esta manera se facilita la sistematización de la información. Igualmente, los cuestionarios están orientados a verificar, validar y complementar la información secundaria, los mapas y los criterios utilizados.



El ambiente es de todos

Minambiente

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES – IDEAM
SUBDIRECCIÓN DE ECOSISTEMAS E INFORMACIÓN AMBIENTAL

ENTREVISTA SEMIESTRUCTURADA DE ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS Y CULTURALES RELACIONADOS CON LA DEGRADACIÓN DE SUELOS POR DESERTIFICACIÓN
DIRIGIDO A INSTITUCIONES-SECTOR AMBIENTE

Institución:

Nombre y Apellidos de quien responde:

Correo electrónico contacto:

Nombre y apellidos de quien diligencia:

Cargo:

Teléfono contacto:

Definición de DESERTIFICACIÓN: es "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."

INDICADOR FPEIR

ESTADO ACTUAL	Respuesta
1. ¿Su institución tiene proyectos para evaluar los procesos de desertificación en su jurisdicción?	<input type="text"/>
2. ¿Qué estudios ha realizado su institución relacionadas con la degradación de suelos? ¿Tiene mapas, informes, datos? ¿De qué fecha han sido estos estudios?	<input type="text"/>
3. Dentro de los planes y programas de su institución, para esta vigencia ¿considera o contempla la temática de desertificación o de degradación de suelos? ¿Cuántos recursos destina para la implementación de estos planes y proyectos?	<input type="text"/>
4. ¿Cuál es el estado actual de desertificación o de degradación de suelos en su jurisdicción? ¿Tiene estadísticas, mapas o estudios?	<input type="text"/>

CAUSAS	Respuesta
5. ¿Cuáles considera las principales causas de la desertificación en la jurisdicción de la autoridad ambiental?	<input type="text"/>
6. ¿Qué actividades o prácticas agrícolas degradan los suelos del departamento o área de acción? ¿Cómo se evidencian?	<input type="text"/>
7. ¿Qué deterioro de suelos han causado la ganadería (bovina, caprina, búfalos, etc.)? ¿Cuáles son sus efectos?	<input type="text"/>
8. ¿Dónde hay deforestación en el departamento? ¿Qué cambios de cobertura significativo se ha dado en los últimos 10 años? ¿Estas actividades han afectado los suelos?	<input type="text"/>
9. ¿La minería, industria o urbanización han generado contaminación o degradación de suelos? ¿Qué tipo de vertimientos se realizan en los suelos?	<input type="text"/>
10. ¿Qué otras causas de degradación de suelos por desertificación consideran importante en el departamento?	<input type="text"/>

CONSECUENCIAS	Respuestas
11. ¿Qué consecuencias ecológicas ha ocasionado la desertificación en la jurisdicción de su institución?	<input type="text"/>
12. ¿Han sufrido cambios fuertes las coberturas vegetales, en especial las naturales? ¿Tiene mapas de esos cambios en los últimos 10 años?	<input type="text"/>
13. ¿El clima regional a cambiado? ¿Considera que pueda deberse a los procesos de degradación? ¿Tiene algunos estudios o datos?	<input type="text"/>
14. ¿La cantidad de agua en las principales corrientes se ha disminuido? ¿Cuáles son las épocas más críticas?	<input type="text"/>
15. ¿Qué impactos económicos se atribuyen a la desertificación? Cambios de uso, baja productividad, disminución de ingresos, etc.	<input type="text"/>
16. ¿Se evidencian conflictos sociales debido a los efectos de la desertificación? Desplazamientos, seguridad alimentaria, valor de la tierra, mayor índice de pobreza.	<input type="text"/>

RESPUESTAS	Respuestas
17. ¿Qué planes, programas o proyectos su entidad tiene para luchar contra la desertificación? Proyectos de restauración, rehabilitación, manejo sostenible de tierras, buenas prácticas, reforestación.	<input type="text"/>
18. ¿Qué acciones concretas se están implementando en territorio para controlar o mitigar la desertificación o degradación de suelos?	<input type="text"/>



El ambiente es de todos

Minambiente

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES – IDEAM
SUBDIRECCIÓN DE ECOSISTEMAS E INFORMACIÓN AMBIENTAL

ENTREVISTA SEMIESTRUCTURADA DE ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS Y CULTURALES RELACIONADOS CON LA DEGRADACIÓN DE SUELOS POR DESERTIFICACIÓN

DIRIGIDO A INSTITUCIONES SECTOR AGROPECUARIO

Institución:

Nombre y Apellidos de quien responde:

Correo electrónico contacto:

Nombre y Apellidos de quien diligencia:

Cargo:

Teléfono contacto:

Definición de DESERTIFICACIÓN: es "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."

INDICADOR FPEIR

ESTADO ACTUAL

Respuesta

1. ¿Las zonas de producción de su actividad presentan procesos de degradación de suelos? ¿Considera que estos procesos contribuyen a la desertificación?

2. ¿Cuáles es o son los principales procesos de degradación de suelos ocasionado por su actividad? ¿erosión, salinización, compactación desbalance nutricional? ¿Qué manifestaciones se presentan?

3. En qué grado o intensidad se presentan estos problemas? ¿Afecta las actividades agronómicas o pecuarias?

4. ¿Podría estimar cual es el estado actual de desertificación en su área de actividad productiva? ¿Tiene estadísticas, mapas o estudios?

CAUSAS

Respuesta

5. ¿Considera que su actividad agrícola o pecuaria está bien ubicada, o sea están en alguna categoría de aptitud?

6. ¿Qué actividades o prácticas agrícolas o pecuarias degradan los suelos? ¿Mecanización, laboreo, riego, fertilización, agroquímicos, sobrepastoreo?

7. ¿Qué causas económicas o sociales ha contribuido a la degradación de suelos?

8. ¿Evidencia alguna fuerza motriz relacionada con su actividad que influya en la desertificación? ¿Estas actividades han afectado los suelos?

9. ¿Qué otras causas consideran que fomentan la degradación de suelos por desertificación?

CONSECUENCIAS

Respuestas

11. ¿Qué consecuencias ecológicas ha ocasionado la actividad productiva que desarrolla? ¿Logra evidenciarlas?

15. ¿Qué impactos económicos ha sufrido su actividad debido a la degradación de suelos o que se atribuya a la desertificación? Cambios de uso, baja productividad, disminución de ingresos, etc.

16. ¿Se evidencian conflictos sociales dentro de su actividad productiva relacionada con la desertificación? Menos empleo, desplazamientos, seguridad alimentaria, valor de la tierra, mayor pobreza.

RESPUESTAS

Respuestas

17. ¿Qué programas o proyectos o investigaciones tiene previstas para combatir la degradación de sus suelos? Proyectos de manejo sostenible de tierras, buenas prácticas, manejo del paisaje.

18. ¿Qué acciones concretas se están implementando en su área de actividad productiva para prevenir, controlar o mitigar la degradación de suelos?



Figura 24. Modelos de cuestionario para diferentes actores sociales e institucionales para la captura de información en terreno sobre la degradación de suelos por desertificación Fuente: Elaboración propia.

Es necesario adaptar y orientar las preguntas de estos modelos según el entrevistado. El equipo profesional, antes de realizar los trabajos de campo y una vez definidos los distintos actores, deberá revisar y ajustar e incluso diseñar nuevos cuestionarios, con el fin de que reflejen la problemática de cada región.

Los datos e información registrada en este formulario se debe vincular al sistema de información para el monitoreo y seguimiento de la degradación de suelos (SIMSES), con el propósito de realizar los análisis y estadísticas respectivas.

3.2.3 Diseño y convocatoria de talleres regionales y locales

La revisión de información secundaria y los mapas preliminares de zonificación de la degradación de los suelos por desertificación permitirán definir los vacíos de información o las necesidades de complementar esos datos en campo. Este análisis previo, junto con la identificación de actores, conduce a realizar una programación de las entrevistas, conversatorios y talleres. Esta programación debe incluir las rutas, recorridos y sitios en los cuales se realizarán los eventos. Se plantean los recorridos con el fin de encontrar el más adecuado a las condiciones de tiempo, presupuesto y disponibilidad de los actores a encuestar.

Asimismo, es preciso prever con anterioridad las convocatorias y dirigir las comunicaciones con suficiente tiempo para que los actores se agenden. Enviar a tiempo las convocatorias asegurará el éxito de la aplicación de los instrumentos de captura de información, ahorrar tiempo y gastos.

También los talleres institucionales son necesarios, porque asistirán funcionarios y profesionales de diversas entidades de los sectores ambiental, agricultura, minería, pero también de las alcaldías, de las secretarías de planeación, de agricultura, los coordinado-

res de Umatas, la oficina de gestión del riesgo, además, los representantes de los gremios y de la academia.

Por otra parte, es posible que en las entrevistas se identifiquen otras zonas con manifestaciones de desertificación que vale la pena visitar para evidenciar sus causas y hacer otras entrevistas. En este caso es posible considerar los cambios de tiempo del recorrido para no alterar la programación de la comisión porque otra salida de validación en campo ayudará al diagnóstico.

3.3 Etapa de trabajo de campo

En esta etapa las actividades en el terreno tienen como propósito validar los análisis de la información secundaria y recoger datos acerca del carácter biofísico, social, cultural y económico de las zonas, a fin de caracterizar la presión antrópica sobre los procesos de degradación de suelos por desertificación y los impactos que esta generará hoy y en el futuro cercano.

3.3.1 Recorridos de observaciones en terreno y verificación de información secundaria

La primera actividad en el campo es hacer uno o varios recorridos de reconocimiento de la zona, para evaluar su entorno natural, social y cultural. En este recorrido se visitan las zonas con mayores problemas de desertificación, con el fin de describir sus causas y los impactos que han tenido. También, se contacta a los principales actores sociales e institucionales, se revisa la programación de los eventos y se analiza la logística para los talleres y las reuniones propuestas.

En estos recorridos de observación es conveniente llevar mapas impresos de zonificación y susceptibilidad y otros de cobertura y uso, suelos, clima y la cartografía base que incluya la división político-administrativa, centros poblados,

vías, curvas de nivel y elementos que permitan la ubicación y caracterización del entorno. Es necesario, tener a la mano los análisis realizados y la información secundaria socioeconómica, con el fin de validar su veracidad.

También se usan otros materiales de campo como GPS, reactivos químicos, cámara fotográfica o filmica, grabadora de voz, binoculares y formatos de captura de información. Los drones ayudan, aunque no son obligatorios, pero es una herramienta que facilita la observación en detalle de las zonas inalcanzables, la filmación de panorámicas de los ambientes de desertificación y la descripción de sus partes, sistemas de uso y procesos de desertificación.

3.3.2 Reuniones con actores regionales y locales (aplicar instrumentos)

De acuerdo con la programación de las reuniones y los conversatorios, se procura que todas sean programadas con los actores convocados. En estas se empieza con una breve introducción del tema y la socialización del proyecto, la conceptualización de desertificación y la metodología, enfatizando la segunda fase de análisis de causas e impactos.

Con esta introducción, se comunica el objetivo de la reunión y se hace el cuestionario semiestructurado a cada uno de los actores. La forma de diligenciar el cuestionario es de tres maneras:

- Repartiéndolo en formato físico.
- Por medio de un conversatorio orientado por un encuestador.
- Si son varios asistentes con relación temática, se puede efectuar una mesa redonda en la cual se discutan o se debatan las preguntas, el moderador consignará la síntesis de las respuestas.

En lo posible se llenan todas las preguntas del cuestionario y se consigna la



información adicional de los conversatorios, haciendo énfasis en determinar las causas de la desertificación y las consecuencias sociales, económicas y ecológicas que esta conlleva.

3.3.3 Talleres locales o regionales con actores claves

Los talleres son los métodos más prácticos para obtener información primaria de la zona y entender la percepción de las comunidades y actores claves sobre la problemática de la desertificación de los suelos. Allí también se valida y se ajusta la información secundaria y se levanta información directa sobre las causas y consecuencias de la degradación de los suelos. Los talleres se hacen en forma participativa con los actores involucrados para sensibilizar y fortalecer los principios de pertenencia y pertinencia, responsabilidades y solidaridad.

El orden propuesto en los talleres es el siguiente:

- Introducción y presentación del estudio: Presentar el objetivo del programa de seguimiento y monitoreo a la degradación de los suelos en el marco de la política para gestión sostenible del suelo, después el marco conceptual (conceptos de desertificación y diferencia con desertización) y el marco de referencia FPEIR, finalmente, la delimitación de las zonas de estudio y de la desertificación.
- Metodología del protocolo de desertificación: Es conveniente presentar brevemente esta metodología por fases, etapas y actividades, haciendo énfasis en el análisis de causas e impactos para que el público se concentre en la actividad y en su propósito.
- Avances del estudio y análisis preliminar: Se presenta un avance de la información secundaria y los mapas preliminares de las zonas suscep-

tibles a la desertificación junto con los grados del estado actual de la degradación de los suelos, para que los asistentes conozcan los problemas. Se explican las posibles causas y las consecuencias identificadas con información secundaria, por ende, se invita a los asistentes a participar en las encuestas.

- Enseguida, se reparten los cuestionarios (autoridades ambientales regionales, academia, institutos de investigación, y alcaldías), explicando previamente la dinámica del taller y el trabajo por grupos. Conviene repasar la estructura de las encuestas según el modelo FPEIR y sus componentes ecológico, económico y socio-cultural.
- Durante el trabajo en grupos, se orienta y asesora a los actores en el ejercicio de respuestas a los cuestionarios y se modera el tiempo de respuesta de cada pregunta.
- Según la dinámica del taller, a su tiempo se recogen los cuestionarios, se les informa a los asistentes qué se va a hacer con las respuestas y cuándo se entregará las conclusiones o síntesis. Es conveniente que cada grupo realice una breve exposición de las respuestas.
- Al final del taller, se hace una síntesis de lo expuesto y de los resultados preliminares vistos en campo y en los conversatorios en campo. De esta manera, se va entregando la información a los actores y se va sensibilizando de la importancia de analizar la desertificación en la región y en las subzonas de estudio.

Algunas recomendaciones adicionales en caso de tener dificultades con los talleres o reuniones son:

- Realizar un conversatorio en las oficinas de la autoridad ambiental regional, previo acuerdo con la di-

rectiva de la institución. Ellos hacen las convocatorias y entregan la programación del evento a los actores seleccionados y en el evento, después de presentar el programa, el objetivo y propósito de la línea base, se le entrega a cada actor los cuestionarios para que los respondan y los envíen en formato digital.

- También se podrían enviar los cuestionarios a la mayoría de los actores por correo electrónico y dar algunas pautas para su diligenciamiento. Fijar una fecha cercana para su devolución luego de ser respondidos. En estos casos, se hace un seguimiento ya que pueden surgir problemas de recepción de la encuesta, o dudas sobre algunas preguntas del cuestionario o no lo diligencian.
- A veces no es posible hacer talleres con la asistencia de actores institucionales y comunitarios, bien por la dificultad de cuadrar agendas, por la lejanía de los asistentes al sitio de la reunión y por costos. Se recomienda utilizar otros medios como foros con la utilización de medios virtuales.

3.4 Etapa de poscampo

Después del trabajo de campo es imprescindible realizar actividades de organización de la información colectada en campo por medio de los conversatorios, las encuestas y los talleres. La información organizada se analiza, junto con la información secundaria y la percepción de los actores sociales e institucionales. Finalmente, se avanza hacia la construcción de los indicadores FPIR mediante las variables preseleccionadas y la elaboración de los mapas analíticos para que permitan el desarrollo de la evaluación y de los indicadores.

3.4.1 Organización de la información primaria y secundaria

La información obtenida o capturada en campo debe ser organizada y almacenada de forma ordenada, de tal manera sea de fácil consulta y de los los procesos analíticos, sin perder de vista que el objetivo es identificar y entender las causas de la degradación por desertificación y su impacto en los componentes.

Una de las formas más adecuada es organizar la información siguiendo la matriz del modelo FPEIR y los componentes ecológico, económico y social. Como las encuestas siguen un esquema similar, esto facilita el almacenamiento de la información en bases u hojas de datos, de tal manera que los análisis surjan de las consultas que se realicen tanto por componente como por indicador.

Los análisis realizados a partir de la información secundaria se confrontan con la información obtenida en campo por medio de las encuestas, talleres o conversatorios. Esto permitirá, por un lado, validar los análisis y confirmar las hipótesis y, por otro, realizar síntesis y unificación de la información, con el fin seleccionar y priorizar los indicadores para la fase de evaluación.

3.4.2 Análisis sobre causas e impactos de la degradación de suelos por desertificación

El objetivo de esta fase es identificar las principales causas e impactos del proceso de desertificación y seleccionar las variables de indicadores para la evaluación, de cara al monitoreo y seguimiento de la degradación de suelos por desertificación.

El análisis de la información se hace conformando una tabla de doble entrada, en las columnas se colocan los componentes de fuerzas motrices, presiones e impactos y en las filas las variables e indicadores de los componentes ecológico, económico y social. Los análisis se encaminan a la selección y priorización de las variables que tengan mayor relación con el estado actual de los procesos de desertificación, según las características de la región o subregión.

En la tabla 10, se presentan ejemplos de variables e indicadores por fuerzas motrices o causas indirectas, presiones o causas directas e impactos organizados por componentes. Este listado sirve como marco para establecer las variables e indicadores de las escalas regionales; sin embargo, no son herramientas y métodos definitivos, sino que se pueden complementar y seleccionar según información disponible.

Indicadores FPEIR/ componente	Fuerzas motrices	Presiones	Impacto
Ecosistémicos Ecológicas/ biofísicas	<ul style="list-style-type: none"> Condiciones climáticas, geológicas, geomorfológicas, edáficas, biológicas Planeación ambiental cambio y variabilidad climática (fenómenos El Niño y La Niña) 	<ul style="list-style-type: none"> Índice de aridez, sequía e Intensidad de la precipitación Distribución de movimientos en masa y de inundaciones Infiltración en suelos Contenido de materia orgánica en suelos Tipos de coberturas naturales Deforestación Incendios forestales 	<ul style="list-style-type: none"> Afectación de áreas protegidas y prioritarias para la conservación de la biodiversidad Afectación de los servicios ecosistémicos de soporte y regulación Disminución de la productividad primaria neta Disminución de la materia orgánica en suelo Pérdida de la fertilidad o nutrientes en el suelo Disminución de la retención de humedad del suelo y el agua útil Aumento en la emisión de gases efecto invernadero Pérdida de biodiversidad
Económicos	<ul style="list-style-type: none"> Créditos y subsidios agropecuarios Patrones históricos en el cambio de uso del suelo Sistemas de comercialización de orden internacional. 	<ul style="list-style-type: none"> Falta de planificación rural Sistemas productivos en zonas no aptas Uso inadecuado de pesticidas Uso excesivo de fertilizantes Usos de aguas de riego excesivo o continuo Sistemas de drenaje inadecuados. Contaminación o salinización por vertimientos de aguas residuales o industriales a los suelos Utilización de maquinaria agrícola de forma excesiva o continua Preparación de tierras (labranza) exagerada o continua Sobrepastoreo por ganadería Sobrecarga de cabezas de ganado Tránsito excesivo de ganado Infraestructura forestal mal manejada Infraestructura vial sin planificación 	<ul style="list-style-type: none"> Afectación en áreas de vocación agropecuaria Cambios en los usos de la tierra Incremento en los costos de producción. Disminución de la productividad o rendimientos de producción Cambios en la cantidad y calidad de aguas para riego



Indicadores FPEIR/ componente	Fuerzas motrices	Presiones	Impacto
Sociales	<ul style="list-style-type: none"> Densidad poblacional Tenencia de la tierra Niveles de educación y de pobreza Conflictos armados (guerras) Niveles de seguridad 	<ul style="list-style-type: none"> NBI bajos Índice de calidad de vida bajo Nivel educativo bajo Índice de pobreza bajo 	<ul style="list-style-type: none"> Peligro en seguridad o autonomía alimentaria Incremento en nivel de pobreza Mayor NBI
Cultural	<ul style="list-style-type: none"> Sistemas productivos convencionales Expansión urbana Desconocimiento y sensibilización sobre la desertificación Falta de extensión agropecuaria en prácticas de manejos sostenibles 	<ul style="list-style-type: none"> Sistemas de monocultivo Prácticas agrícolas convencionales Costumbres inapropiadas en preparación del suelo, enclavamiento, fertilización Aplicación innecesaria de plaguicidas 	<ul style="list-style-type: none"> Cambios alimenticios y aumento de desnutrición Desplazamiento de la población Pérdida de valor de las tierras Aumento de la inseguridad Incremento de conflictos de uso Mayores incursiones armadas
Político	<ul style="list-style-type: none"> Política de revolución verde, 1970. Ley de tierras 1960. Políticas agropecuarias de fomento en sectores favorecidos (ej. maíz, palma) Políticas de desarrollo en infraestructura vial Políticas de incentivos a explotaciones mineras Políticas posguerra sobre reconstrucción del territorio 		<ul style="list-style-type: none"> Fomento de proyectos de restauración y rehabilitación Incremento en recursos del Estado para recuperación de ecosistemas y zonas productivas
Institucional	<ul style="list-style-type: none"> Control de las autoridades ambientales. Desarticulación de las entidades públicas y privadas. Presupuestos institucionales bajos, para temas ambientales, especialmente en prevención, manejo y conservación de suelos. Pocas instituciones de investigación en temas relacionados con la desertificación 	<ul style="list-style-type: none"> Fomento de tecnologías poco apropiadas para el sector rural Formación pobre en conservación y manejo sostenible de suelos Investigación no integral en técnicas de producción rural 	



Tabla 10. Indicadores de FPI relacionados por componentes ecológico, económico y sociocultural. Fuente: elaboración propia.



4. EVALUACIÓN E INDICADORES

La fase de evaluación tiene como objetivo definir y calcular los indicadores relevantes de una evaluación semicuantitativa de la problemática de la desertificación en el país o en las regiones, relacionando o confrontando el estado actual de la degradación de los suelos por desertificación con sus causas e impactos generados. Los indicadores son la forma que dar relevancia a los datos, tanto para la sociedad como para la formulación de políticas. Estos sirven para tomar decisiones y diseñar planes, que ayudarán a entender la realidad de la desertificación.

Los principales resultados esperados son estadísticas, mapas y gráficos de variables e indicadores significativos para el entendimiento de la problemática de la desertificación, con el fin de contribuir a la toma de decisiones y acciones para combatir contra este fenómeno. Las etapas de esta fase se encuentran relacionadas con la distribución de indicadores FPEIR (Figura 25), o sea la generación de indicadores de estado, presión, fuerzas motrices, impacto y respuestas.



Figura 25. Relaciones FPEIR y generación de indicadores de evaluación de la desertificación.
Fuente: elaboración propia

4.1 Etapa de análisis preliminar

Las dos fases anteriores han dado la zonificación de los procesos actuales de desertificación y la identificación de sus causas e impactos. Con estos insumos, se realiza un análisis de las variables pertinentes que conduzcan a crear indicadores. Estos también son elegidos de acuerdo con la disponibilidad, calidad y manejo de la información, ya que define los análisis cartográficos y estadísticos.

4.1.1 Selección de variables y preparación de información

La selección de variables para hacer buenos indicadores es una tarea difícil y requiere un trabajo en equipo, ojalá multidisciplinario. Deben ser relevantes para la sociedad y los responsables de la formulación de políticas, con solidez científica, además de fácil interpretación con un grado razonable de precisión y certeza.



En esta fase, estas variables son seleccionadas y priorizadas según su relevancia y la disponibilidad de información, en cada una de las unidades de análisis. A escala regional y nacional, estas son las áreas hidrográficas nacionales, los departamentos y las Corporaciones Autónomas Regionales.

A partir de los análisis realizados sobre las causas directas e indirectas y los impactos, es necesario definir criterios de priorización y de calificación por componentes y variables (ver tablas 9 y 10 del capítulo anterior) del capítulo anterior). Con este fin, se construye una matriz, en la que se consolida cada componente por variables seleccionadas, indicador y fuentes específicas de información. Se procura que la información pueda ser representada de forma espacial, en cuanto a cartográfica, es conveniente definir la escala temporal, espacial y analítica, el sistema de coordenadas y sus atributos clave.

4.1.2 Análisis cartográficos

Las variables seleccionadas son analizadas de forma espacial (cruces) con la zonificación de degradación del suelo por desertificación para la generación de los indicadores relevantes. A partir de los análisis espaciales se presenta la información mediante métodos estadísticos, con el fin de mostrar las tendencias, similitudes y diferencias entre variables relacionadas como causantes o consecuencias de la desertificación. La utilización de herramientas de SIG así como los métodos estadísticos son necesarios para la interpretación de la relación entre los procesos de degradación del suelo por desertificación y los indicadores por componentes de análisis, en el marco de la metodología de indicadores FPEIR.

En cuanto a la información espacial se acumula en capas cartográficas en formato digital de SIG. Estas se revisan y alistan por medio de topologías para garantizar la consistencia lógica de los datos, de manera estructural, luego de una revisión o supervisión, el personal responsable accede a ella. También

puede generarse un metadato estándar para la información geográfica, para que los usuarios futuros puedan identificar las condiciones técnicas, temporales y de proceso de dicha información geográfica. Cada capa cartográfica, al ser cruzada con las unidades de análisis de referencia espacial (cuencas hidrográficas, departamentos, CAR, municipios, otros), creará datos estadísticos útiles para la etapa de evaluación.

En síntesis, el resultado de análisis nace del cruce o superposición espacial, por medio de herramientas SIG, de la zonificación de línea base y la variable espacial con la cual se construye el indicador. Este último se representa por medio de gráficas de barras con base en una hoja de cálculo.

Los *software* de SIG contienen varias herramientas de análisis espacial, entre ellos se encuentran la unión, intersección, clip/extracción, entre otras. Una vez se han aplicado estas herramientas es necesario la revisión de reglas de topología (superposición de polígonos, agujeros, etc.) para la correcta obtención de los cálculos sobre la geometría (área y perímetro). Estas funciones de los SIG pueden ser automatizadas mediante la construcción de modelos para efectuar estadísticas actualizadas.

4.2 Generación de indicadores del estado actual de degradación de suelos por desertificación

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



Índice de magnitud

Se calcula sumando el área con algún grado de degradación de suelos por desertificación (exceptuando muy ligera o sin desertificación) en relación con el área total de la zona de estudio objeto de estudio de la desertificación, dada en porcentaje. También se puede leer como las zonas con algún grado actual de desertificación. La fórmula es la siguiente:

$$IMD = Ad/Atd*100$$

Donde,

IMD: Índice de magnitud de la degradación de suelos por desertificación

Ad: Área (en hectáreas) con algún grado de degradación, o sea la sumatoria de los grados ligero, moderado, severo y muy severo

Atd: Área (en hectáreas) de la zona objeto de estudio desertificación, o sea delimitación, en área de estudio.

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 objeto de estudio de la desertificación. Este índice refleja la máxima degradación de suelos por desertificación en cada una de las unidades de análisis. La fórmula es la siguiente:

$$ISD = As/Atd*100$$

Donde,

ISD: Índice de severidad de la degradación de suelos por desertificación

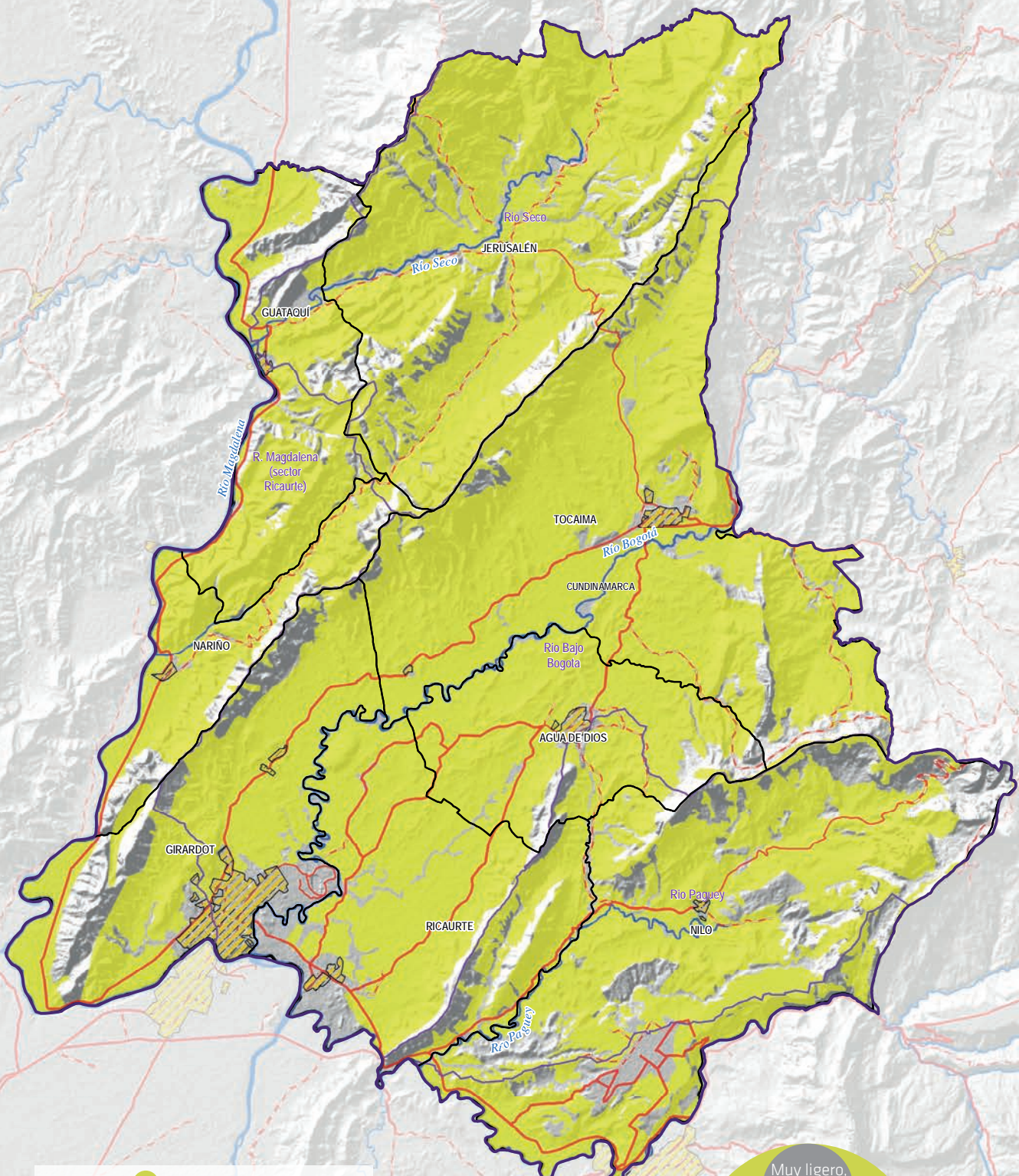
Ad: Área (en hectáreas) con grados severo y muy severo de degradación, o sea la sumatoria de los grados severo y muy severo

Atd: Área (en hectáreas) de la zona objeto de estudio desertificación, o sea delimitación, en área de estudio.

La información e índices por unidades de referencia produce el mapa de línea base de degradación de suelos por desertificación, este es el producto de la fase de zonificación y del cruce con los mapas de unidades de análisis: área o zona hidrográfica, departamento, corporación, etc. (ver ejemplos de las figuras 26 y 27).



 Puerto López, Meta.



Magnitud

- Subcuenca
- Límite municipal
- Zonas urbanas
- Cuerpos de agua
- Vía tipo 1
- - - Vía tipo 2
- Vía tipo 3
- - - Vía tipo 4

Muy ligero, no suelo
21,1 %

Magnitud
78,9 %

Figura 26. Mapa de la zonificación de desertificación por magnitud.
Fuente: Elaboración propia.

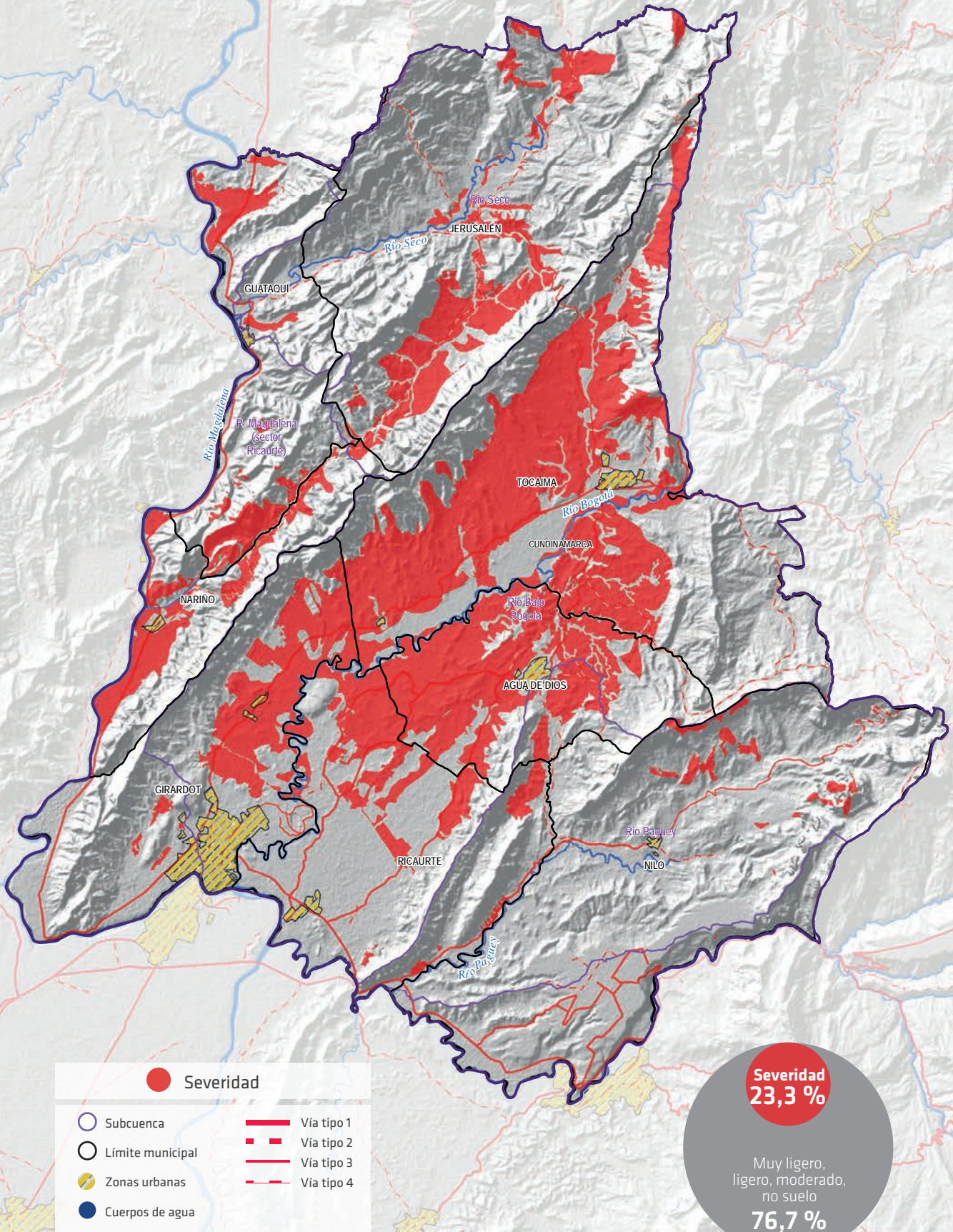


Figura 27. Mapa de la zonificación de desertificación por severidad.
Fuente: elaboración propia.

4.3 Evaluación de indicadores de presiones y fuerzas motrices de degradación de suelos por desertificación

4.3.1 Indicadores de presión

Los indicadores de presión son las causas directas de la degradación de suelos por desertificación. En general, estas se pro-

ducen por el uso de la tierra, las prácticas agronómicas, pecuarias, mineras e industriales, la deforestación y los desarrollos urbanos y la infraestructura vial. También pueden incidir algunas condiciones naturales del entorno como el clima, los suelos, la geomorfología y la cobertura vegetal natural. Además, el estado actual de la degradación de suelos es un factor importante de presión sobre la desertificación.


Por lo tanto, los indicadores de presión y, en particular, los cruces o análisis

espaciales son los insumos de los mapas de delimitación de las zonas con desertificación y de la línea base. También estos mapas son la base para relacionar los distintos factores y las variables de presión directa.

En la siguiente tabla se presentan algunos ejemplos de indicadores de presión sobre la degradación de suelos por desertificación, según las consideraciones anteriores.

Grupo de presiones	Causa directa	Indicador	Fuente de información
Planeación del uso del suelo	Usos agrícolas o pecuarios en conflicto	Superficie con algún grado de desertificación en zonas de sobreutilización	Conflictos de uso del territorio (IGAC y otros)
	Sistemas agrícolas o pecuarios en zonas no aptas	Superficie con algún grado de desertificación en zonas no aptas	Zonificaciones de aptitud por cultivos (UPRA)
Manejo de cultivos	Exceso utilización de maquinaria agrícola o labranza	Número de cultivos mecanizados en zonas objeto de desertificación Área con algún grado de desertificación en zonas de cultivos mecanizados	Mapas de cobertura y uso de la tierra (Ideam, IGAC, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural)
	Riego inapropiado o continuo	Superficie de zonas con sistemas riego en zonas con grados severo y muy severo	Distritos de riego a gran y mediana escala
	Aplicación inadecuada de fertilizantes	Área con algún grado de desertificación en zonas de cultivos que utilizan fertilizantes	Mapas de cobertura y uso de la tierra (Ideam, IGAC, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural) Estadísticas agropecuarias (Dane, Agrosavia)
Deforestación y remoción de vegetación natural	Deforestación a tala rasa	Superficie con algún grado de desertificación en zonas de deforestación (últimos 10 años)	Reportes y mapas de deforestación (Ideam, Minambiente)
	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	Mapas de cobertura y uso de la tierra (Ideam, IGAC, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible)
	Incendios forestales	Número de incendios forestales en zonas con algún grado de desertificación	Registro de incendios forestales (Ideam, U. riesgos)
Prácticas pecuarias	Sobrepastoreo	Superficie en pastos y coberturas asociadas a la ganadería en zonas con grados severo y muy severo de desertificación	Mapas de cobertura y uso de la tierra (Ideam, IGAC, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural) Estadísticas agropecuarias (Dane, Agrosavia)
	Número excesivo de cabezas de ganado	Área con algún grado de desertificación en zonas con erosión por terraceo (pata de vaca)	Zonificación de degradación de suelos por erosión (Ideam, UDCA)
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	Registros de permisos de vertimientos en suelos (ANLA)
Desarrollo urbano e infraestructura	Construcciones urbanas en suelos con vocación agropecuaria	Superficie de territorios artificializados en zona objeto de desertificación	Mapas de cobertura y uso de la tierra (Ideam, IGAC, Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio)
	Construcción de vías y caminos inadecuados	Cantidad de longitud (km) de vías principales y secundarias en zonas con algún grado de desertificación	Cartografía base vías, mapas de vías primarias, secundarias y terciarias (Invías, IGAC, ANI)

Grupo de presiones	Causa directa	Indicador	Fuente de información
Causas naturales	Relieves extremos (pendientes muy fuertes)	Superficie en pendientes > 75% en zonas con grado de desertificación severo y muy severo	Modelos digitales de terreno (IGAC)
	Intensidad muy alta de lluvias o tormentas	Área con algún grado de desertificación en zonas con lluvias de alta intensidad	Mapa índice de concentración de lluvias (Ideam)
	Zonas de inundación	Zonas de inundación frecuente en áreas objeto de desertificación	Mapas de inundaciones extremas o frecuentes (IGAC, Ideam, Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres)
	Sequías extremas y variabilidad climática.	Número de meses con sequía en zonas objeto de desertificación	Índice de sequía anual y mensual (Ideam)
	Movimientos en masa naturales	Número de movimientos en masa zonas con grados severo y muy severo de desertificación	Registro movimientos en masa (SGN, Ideam)
Estado actual de procesos de degradación	Grado actual de degradación por erosión	Superficie de severidad de la erosión en zonas objeto de desertificación	Mapa de degradación de suelos por erosión. Fases por erosión (Ideam, IGAC)
	Grado actual de degradación por salinización	Superficie de severidad de la salinización de suelos en zonas objeto de desertificación	Mapa de degradación de suelos por salinización (Ideam)

 **Tabla 11.** Ejemplos de indicadores de presión (causas) de la desertificación. Fuente: elaboración propia.

4.3.2 Indicadores fuerzas motrices

Las fuerzas motrices tienen relación con las causas indirectas que pueden incentivar los procesos de degradación por desertificación de los suelos. Estas fuerzas, por lo general, obedecen a factores socioculturales, políticos e institucionales, tales como densidad poblacional, tenencia de la tierra, políticas de incentivos a cultivos específicos, comercio internacional, créditos agropecuarios, entre otros.

Asimismo estas fuerzas, por ser indirectas, tienen su dificultad cuando se relacionan con los procesos de desertificación debido a las fuentes de información secundaria y su más amplia incidencia para generar indicadores. De esta manera, los análisis de las fuerzas motrices tienen menor relaciones espaciales o cartográficas, ya que se centran sobre indicadores de relación o posible causal.



 La Pintada, Antioquia

En la siguiente matriz se presenta una relación de las principales fuerzas motrices que han contribuido a la desertificación:

Tipo	Fuerza motriz	Indicador propuesto	Fuente
Social / cultural	Densidad poblacional aumentada	Porcentaje de áreas hectáreas afectadas por desertificación de suelos en áreas con tendencias incrementales de la población	Estadísticas Dane.
	Tenencia de la tierra	Número de unidades productivas en arrendamiento en zonas con desertificación	Estadísticas Dane y Minambiente
	Nivel de pobreza incrementado	Cambios del Índice de pobreza multidimensional municipal en zonas objeto de desertificación	Estadísticas Dane, DNP
	Nivel de educación y formación insuficiente	Número de habitantes con formación superior en municipios con más de 70 % de objeto de desertificación	Estadísticas Dane, Mineducación
Político/ económico	Políticas agropecuarias erradas	Número de políticas sobre incentivos agropecuarios	Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, ADR, Finagro, Banco Agrario
		Número de planes para la intensificación de sistemas agropecuarios	
		Número de proyectos agropecuarios por municipio	
	Políticas y proyectos sobre infraestructura (vial, minera, industrial)	Número de proyectos de vías principales y secundarias	Invías, ANI, Mintransporte
		Número de kilómetros de vías en zonas objeto de desertificación	
Institucionalidad equivocada	Número centros de investigación que promueven agricultura convencional o intensiva	Gremios, Federaciones de productores	
Créditos y subsidios desinformados	Número de créditos y subsidios en proyectos agropecuarios, mineros o industriales en zonas de afectación por desertificación.	Finagro, Banco Agrario	



Tabla 12. Ejemplos de indicadores de fuerzas motrices de la desertificación. Fuente: elaboración propia.

Con algunos de estos indicadores es posible hacer análisis cartográficos, pero en la mayoría solo análisis estadísticos o tendenciales.

4.4 Evaluación de indicadores de impactos (consecuencias) de degradación de suelos por desertificación

La degradación de tierras por desertificación produce unas consecuencias so-

bre diversos factores de los componentes económico, social, cultural y ecológico. Los impactos primarios se ven reflejados en las funciones y en los servicios ambientales, ya que luego inciden en la economía rural, en especial, en la producción agropecuaria; finalmente, sus efectos repercuten en las relaciones sociales y culturales, incluso generan desplazamientos y pobreza.

Los indicadores de impactos se trabajan por medio de estos componentes y los principales factores afectados. En muchos casos, las variables utilizadas generan debate o controversia si son

impactos o causas de la desertificación, pero algunos de ellos funcionan de ambas maneras. La forma de evaluar o calcular el indicador es el que determina su impacto.

De acuerdo con la identificación de los impactos generados por la desertificación definidos en el capítulo anterior, se plantea una serie de indicadores que pueden ser útiles para evaluar la magnitud de sus efectos. En la siguiente tabla se presentan algunos ejemplos de estos indicadores.



Componente	Tipo de impacto	Indicador	Fuente
Ecológico	Pérdida de productividad primaria neta	Cambios en la productividad primaria neta (biomasa) debida a cambios de cobertura en zonas afectadas por la desertificación.	Mapas multitemporales de cobertura terrestre (Ideam, IGAC, CAR)
	Pérdida de materia orgánica (carbono orgánico del suelo)	Cambios en el contenido de carbono orgánico de suelos por unidad de suelos en zonas con grados severo y muy severo de desertificación	Mapas y muestreos de suelos multitemporales (IGAC, CAR)
	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	Mapas y muestreos de suelos multitemporales (IGAC, CAR)
	Transformación de la cobertura vegetal	Cambios de las coberturas vegetales naturales a transformadas en zonas objeto de desertificación	Mapas multitemporales de cobertura vegetal (Ideam)
	Cambios en la dinámica hídrica del suelo (infiltración, conductividad hidráulica)	Disminución de la infiltración por unidad de suelos en zonas con grado severo y muy severo de desertificación	Mapas y muestreos de suelos multitemporales (IGAC, CAR)
	Cambios en los contenidos de humedad del suelo (capacidad de campo, punto de marchitez)	Disminución del agua útil por unidad de suelos en zonas con grado severo y muy severo de desertificación	Mapas y muestreos de suelos multitemporales (IGAC, CAR)
	Pérdida de biodiversidad	Disminución de 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	Información distribución de especies y registros de poblaciones (IAvH)
	Afectación de áreas protegidas y prioritarias para la conservación	Superficie de áreas protegidas afectadas por algún grado de desertificación	Mapas de áreas protegidas nacional, regional (PNN)
Económico	Cambios en el uso de la tierra	Cambios de usos del suelo en zonas afectadas por algún grado de desertificación	Mapas multitemporales de cobertura y uso (IGAC, Ideam, CAR)
	Disminución de la productividad (rendimientos)	Disminución de rendimientos por cultivo en las zonas con severidad de desertificación	Estadísticas departamentales y municipales de rendimientos por cultivo (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Rural, Dane)
	Disminución de la capacidad de carga	Número de cabezas de ganado por unidad productiva en las zonas con severidad de desertificación	Estadísticas departamentales y municipales de rendimientos por cultivo (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Rural, Dane, Fedegan)
	Cambios en la cantidad y calidad de aguas para riego	Disminución de los caudales en los distritos de riego afectados por desertificación	Registros históricos de caudales en distritos de riego (ADR, Ideam, CAR, Asoriego)
	Disminución de los ingresos/ aumento costos de producción	Aumento en los costos de producción de los principales cultivos en zonas afectadas por algún grado de desertificación	Estadísticas departamentales y municipales de rendimientos por cultivo (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Rural, Dane)
	Afectación en áreas de vocación agrícola, ganadera	Superficie afecta por la desertificación en suelos clases I, II, III	Mapas de capacidad de uso (IGAC)
	Conflictos territoriales	Aumento en la sobrexplotación de las tierras en zonas objeto de desertificación	Mapas de conflictos de uso o del territorio (IGAC, Ideam, IAvH)
Sociocultural	Seguridad y autonomía alimentaria	Número de especies alimenticias en la canasta familiar	Estadísticas departamentales y municipales (Dane, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Rural, FAO, Minsalud)
	Mayor índice de pobreza	Aumento en el índice de pobreza en los municipios afectados por la desertificación	Cálculos de índices de pobreza por municipio y departamento (Dane, DNP)
	Cambios en el valor de la tierra	Disminución del valor de las tierras en zonas con severidad de la desertificación	Información catastral y de lonjas (IGAC, Fedelonjas)



Tabla 13. Ejemplos de indicadores de impacto (consecuencias) de la desertificación.
Fuente: elaboración propia.

4.5 Evaluación de indicadores de respuesta a la degradación de suelos por desertificación

Los indicadores de respuesta hacen referencia a las acciones realizadas en función de la conservación de los suelos; por lo tanto, se analizan desde la gestión por medio de proyectos, inversiones o acciones para revertir o detener la desertificación en el país o en la región. Generalmente, las respuestas están enfocadas hacia las presiones o las causas de la desertificación, estas son motivadas por los impactos sociales, económicos y ecológicos

También las respuestas pueden provenir de las instituciones que formulan proyectos sobre la gestión sostenible de los suelos, están basadas en políticas y planes relacionados con restauración, rehabilitación, conservación de los recursos naturales o buenas prácticas de para el manejo sostenible productivo. También los algunos gremios se preocupan por los suelos y contribuyen a su recuperación y buen manejo generando nuevas tecnologías. Finalmente, la sociedad civil, en particular los productores y campesinos, realizan acciones para el control de la degradación de la desertificación.

Algunos ejemplos de indicadores de respuesta a la desertificación:

- Número de hectáreas en proyectos de restauración ecológica.
- Número de hectáreas reforestadas.
- Número proyectos en manejo sostenible de suelos.
- Cantidad de inversión en proyectos de rehabilitación de suelos.
- Número de normas sobre uso del suelo.
- Políticas de planificación territorial, planificación agropecuaria.

- Planes de conservación y manejo sostenible de tierras.
- Áreas protegidas para el manejo de suelos.

4.6 Evaluación de los factores determinantes de la degradación de suelos por desertificación

La evaluación del proceso de degradación de suelos por desertificación en una región se realiza por medio de un análisis de desequilibrio territorial, el cual permite valorar el proceso según los indicadores FPEIR por cada componente del territorio. Este análisis parte de las categorías e indicadores identificados previamente; a cada categoría, se le asigna un puntaje en función del estado actual de los indicadores asociados con la siguiente escala de calificación (Tabla 14):

Puntaje	Nivel	Valoración
10	Muy alto	Equilibrio
9	Alto	
8	Medio	
7	Bajo	
6	Muy bajo	Desequilibrio
5	Muy bajo	
4	Bajo	
3	Medio	
2	Alto	
1	Muy alto	

Tabla 14. Escala de calificación para la valoración de los indicadores de desertificación en los componentes social, cultural, económico y ecológico. Fuente: elaboración propia.

La interpretación de los resultados del análisis de desequilibrio permite además identificar puntos de conflicto para cada categoría. Este tipo de examen cons-

tituye una herramienta en el ejercicio de evaluación, el cual facilita la identificación y priorización de zonas en el terreno y las líneas de intervención para el control y manejo de los procesos de degradación de los suelos por desertificación.

Los criterios de asignación de puntaje para cada categoría se definen de acuerdo con la información secundaria e información proveniente de los talleres y las encuestas institucionales y comunitarias y demás datos de campo que argumenten las razones por las cuales se aplica el calificativo de equilibrio o desequilibrio.

Una vez evaluada la información —a través de la metodología FPEIR— ya se tiene una idea más clara de la calificación de cada categoría, de su relación directa o indirecta con la degradación de suelos por desertificación y de las interrelaciones entre las diferentes categorías. Se procede a calificar cada una de las categorías y se grafica su puntaje, por medio de una hoja de cálculo y la herramienta de gráfico radial. De esta manera se obtiene el gráfico de desequilibrio (ver ejemplo figura 28). El análisis de las variables que más influyen en el desequilibrio identifica los conflictos actuales y proyecta algunos de los conflictos potenciales, los cuales deben ser abordados en las propuestas de intervención en el territorio. Esto permite una visión general sobre aquellos aspectos que merecen especial atención para identificar los puntos relevantes del desequilibrio.

Este proceso se efectúa en cada uno de los indicadores por componentes para la evaluación, de esta manera todos son representados. Esto permitirá visualizar la comparación entre todos los indicadores y componentes considerados e interpretar cuáles son los que requieren mayor atención y, dentro de ellos, cuáles tienen prelación, ya sea para la prevención o para la restauración, rehabilitación o planificación (ver ejemplos, figura 28 y 29).

A nivel nacional o regional se sugiere presentar los resultados por departamento, áreas hidrográficas y de jurisdicción de las corporaciones autónomas regionales, hacer un gráfico

para los indicadores de presión y otro de los impactos en el que se identifique de manera rápida y visual las causas y las consecuencias de la desertificación en una determinada área. Colocar estos

gráficos de presiones (causas) e impactos (consecuencias) de forma secuencial se podrá lograr una comparación a escala nacional.

Evaluación de causas directas de la desertificación

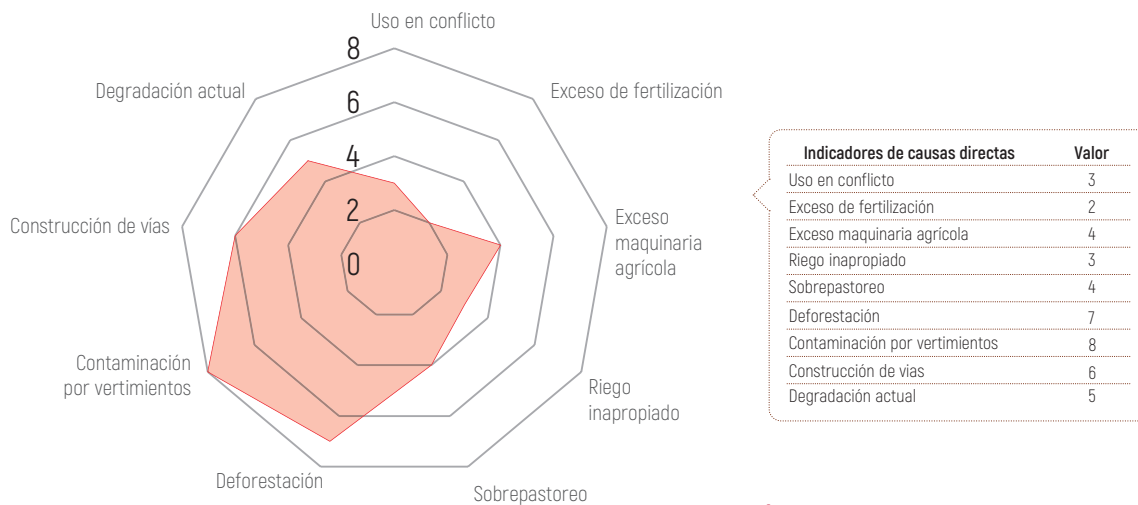


Figura 28. Ejemplo de gráfica para la evaluación de causas directas de la degradación de suelos por desertificación (tipo radial). Fuente: elaboración propia.

Evaluación de impactos de la desertificación

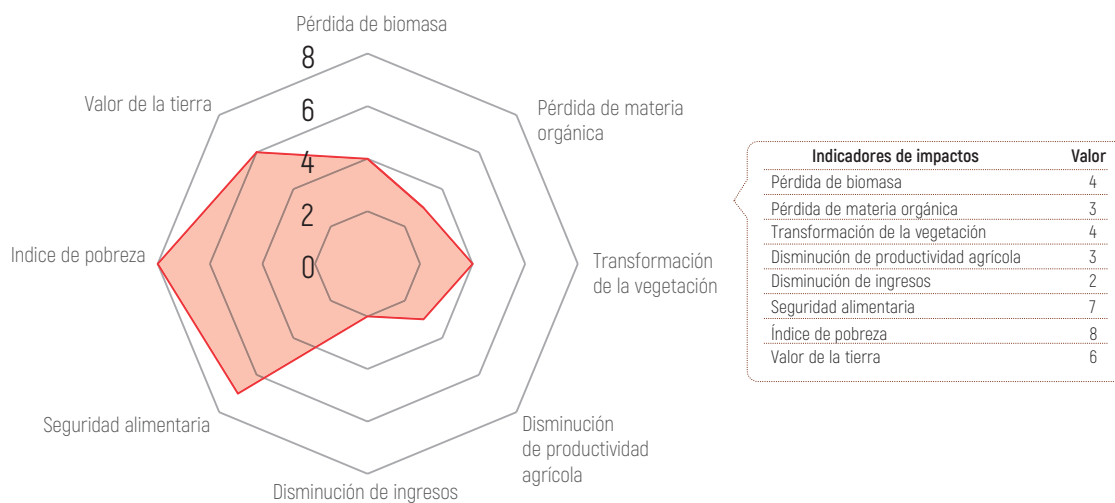


Figura 29. Ejemplo de gráfica para la evaluación de impactos de la degradación de suelos por desertificación (tipo radial). Fuente: elaboración propia.

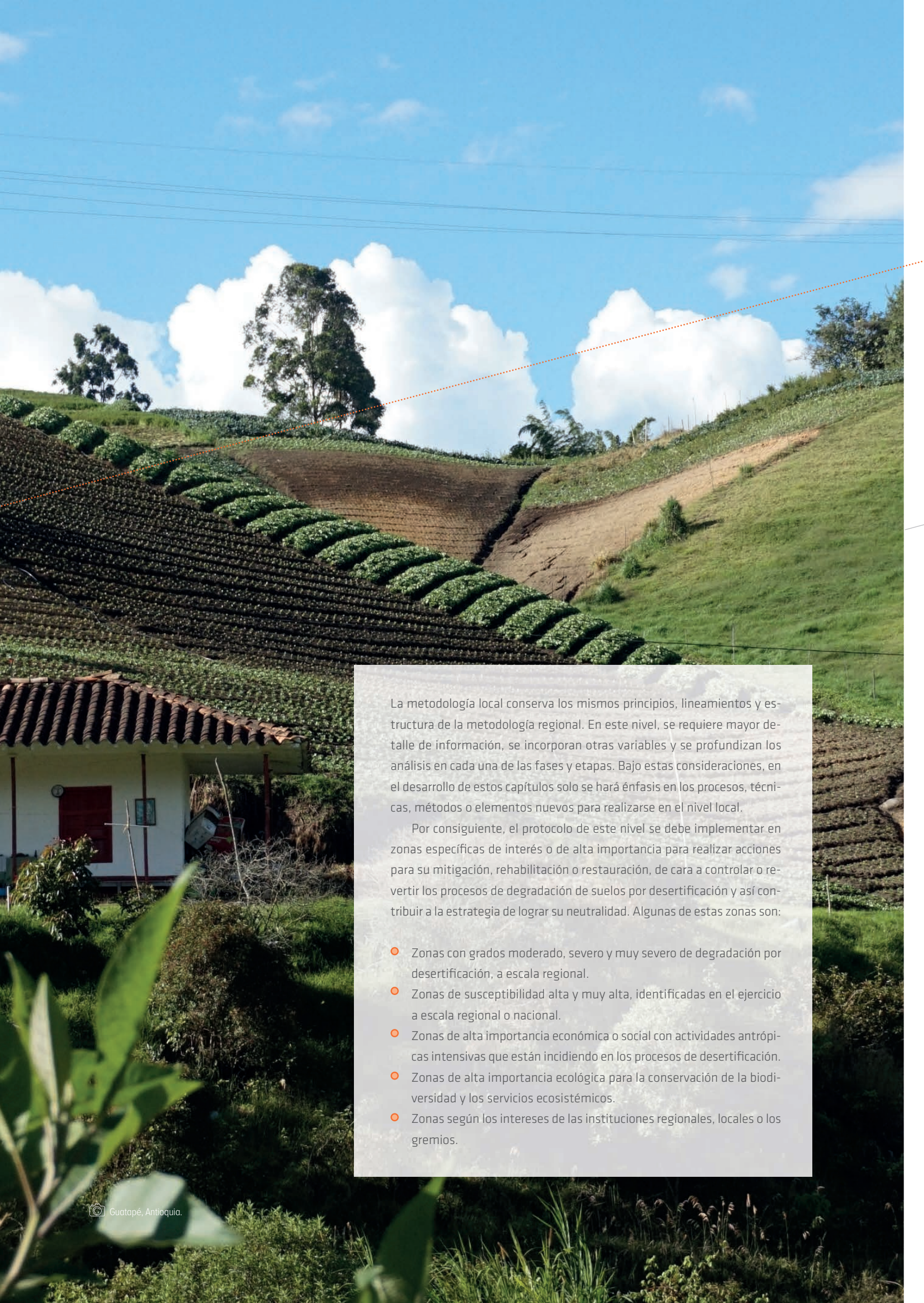
C. Metodología local

1.	Zonificación de metodología	141
1.1	Zonificación preliminar	141
1.2	Preparación de trabajo de campo	149
1.3	Trabajo de campo	150
1.4	Poscampo	152
2.	Análisis de causas e impactos	155
2.1	Identificación y definición de variables	155
2.2	Preparación de trabajo de campo	161
2.3	Trabajo de campo	164
2.4	Poscampo	165
3.	Evaluación de impactos e indicadores	167
3.1	Generación de indicadores de estado actual de degradación de suelos por desertificación	167
3.2	Evaluación de indicadores de presiones de degradación de suelos por desertificación	168
3.3	Evaluación de indicadores de presiones de degradación de suelos por desertificación	169
3.4	Evaluación de indicadores de respuesta a la degradación de suelos por desertificación	171



 Nemocon, Cundinamarca.

PROTOCOLO PARA LA IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE SUELOS POR DESERTIFICACIÓN



La metodología local conserva los mismos principios, lineamientos y estructura de la metodología regional. En este nivel, se requiere mayor detalle de información, se incorporan otras variables y se profundizan los análisis en cada una de las fases y etapas. Bajo estas consideraciones, en el desarrollo de estos capítulos solo se hará énfasis en los procesos, técnicas, métodos o elementos nuevos para realizarse en el nivel local.

Por consiguiente, el protocolo de este nivel se debe implementar en zonas específicas de interés o de alta importancia para realizar acciones para su mitigación, rehabilitación o restauración, de cara a controlar o revertir los procesos de degradación de suelos por desertificación y así contribuir a la estrategia de lograr su neutralidad. Algunas de estas zonas son:

- Zonas con grados moderado, severo y muy severo de degradación por desertificación, a escala regional.
- Zonas de susceptibilidad alta y muy alta, identificadas en el ejercicio a escala regional o nacional.
- Zonas de alta importancia económica o social con actividades antrópicas intensivas que están incidiendo en los procesos de desertificación.
- Zonas de alta importancia ecológica para la conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos.
- Zonas según los intereses de las instituciones regionales, locales o los gremios.

1. ZONIFICACIÓN DE METODOLOGÍA

En esta fase se desarrollan las mismas etapas de la metodología a nivel regional:

- Elaboración de la zonificación preliminar.
- Realización de trabajos de campo para caracterización y verificación.
- Actividades poscampo para ajustar y elaborar la zonificación final.

1.1 Zonificación preliminar

1.1.1 Delimitación de las zonas objeto de estudio de la desertificación a nivel local

La delimitación objeto del estudio de la desertificación, según el concepto y los criterios técnicos, se puede mantener de acuerdo con el ejercicio elaborado a nivel regional. Sin embargo, se recomienda en lo posible realizar un ejercicio más específico conservando las mismas variables, pero utilizando información más detallada o generando nueva. Así, las variables a utilizar son: clima, suelos y ecosistemas (figura 5, capítulo B2, página 82). Estos mapas deben estar a escala 1:25.000 o mayor. Los principales criterios utilizados son:

Clima: Índice de aridez mensual. Realizar ejercicio de correlación con las estaciones complementadas de los datos locales, en particular, los de precipitación. El modelo o cálculo de ETP debe realizarse con métodos ajustados a la localidad, que involucren temperatura, vientos y radiación (ej. Penman). También es conveniente usar la evapotranspiración real ETR.

Ecosistemas: Biomas de zonas desérticas, áridas, muy secas y secas. Se debe utilizar o generar el mapa de ecosistemas escala 1:25.000 o mayor escala. Detallar por morfología de la vegetación y rasgos de suelos para delimitar con mejor resolución las condiciones de humedad del bioma. Apoyarse en balances hídricos ecológicos.

Suelos: Utilizar los estudios detallados y semidetallados de suelos escala 1:25.000 o mayores. Las unidades cartográficas de suelos deben ser consociaciones con un suelo dominante. Utilizar el régimen de humedad del suelo.

El proceso de delimitación de las zonas objeto de desertificación se realiza de acuerdo con los procesos cartográficos de la figura 6 (capítulo B2, página 83).

1.1.2 Modelo de susceptibilidad de la degradación de suelos por desertificación

El modelo para determinar la susceptibilidad a la desertificación se afina en la escala local con la incorporación de otras variables y la utilización de información más detallada.

En general, el modelo se basa en la ponderación de variables biofísicas porque inciden de forma natural o antrópica sobre el proceso de desertificación. En la siguiente figura se presenta dicho modelo.

La información de los factores y variables debe estar acorde con la escala de análisis, por tanto, deberá ser mayor a 1:25.000. Algunas fuentes de información se describen a continuación.



Figura 1. Factores y variables propuestas para el modelo de susceptibilidad a la desertificación. Fuente: Elaboración propia.



Clima: Zonas climáticas, índice de aridez trimestral y mensual, índice de estacionalidad de la precipitación, índice de sequía, variabilidad climática. Realizar análisis espaciales de la zona de estudio y un área de influencia de al menos 10 km. Apoyarse en una mayor cantidad de estaciones climáticas, incluidas las de las CAR y las privadas (gremios). Los análisis temporales deben cubrir al menos los últimos 20 años, discriminando los años de los fenómenos de El Niño y La Niña. Utilizar los escenarios de cambio climático regional o locales, si están disponibles.

Suelos: Unidades cartográficas de suelos, taxonomía, propiedades físicas (textura, drenaje natural, retención de humedad, humedad aprovechable), propiedades químicas (conductividad eléctrica, saturación de bases, pH, materia orgánica). Necesariamente utilizar estudios detallados o semidetallados de suelos. Usar la mayor cantidad de datos cuantitativos considerando al menos los primeros 50 cm, dando especial atención a cambios en las propiedades hidrodinámicas. Calcular la erodabilidad de cada suelo, si es posible. Relacionar las unidades con los estados actuales de erosión, salinización, compactación, etc.

Ecosistemas: Gran bioma, bioma, estado actual, índice de naturalidad, análisis de conectividad. Se considera importante generar el mapa de ecosistemas en la zona de estudio específica a nivel local. Prestar atención a la delimitación de biomas y ecosistemas de alta importancia. Realizar análisis métrico del paisaje y obtener medidas de conectividad y coherencia. El estado actual de los ecosistemas es una variable importante a considerar.

Sistema de uso actual: Unidades de cobertura natural y transformada, siste-

ma de uso actual de la tierra. A este nivel, es importante contar con un mapa de uso de la tierra (no es suficiente la cobertura), que pueda diferenciar distintos sistemas dentro de los uso agrícola, pecuario o forestal. Resaltar las principales actividades de cada uso que tenga relación con los procesos de degradación de suelos.

Prácticas de manejo productivo: Aparte de la espacialización de los sistemas de uso de la tierra, es necesario realizar una caracterización de cada uno, enfocada hacia las principales prácticas agronómicas y pecuarias que se realizan: uso de maquinaria agrícola, mecanización y labranza, sistemas de riego, tipo y forma de fertilización y abonamiento, uso de agroquímicos, carga animal, rotación de potreros, pasturas mejoradas, intensidad del uso, entre otros.

Geomorfología: Morfogénesis y morfometría: gradiente de pendiente, longitud de la pendiente, rugosidad de la pendiente.

Estado actual de procesos de degradación: Grado y clase de erosión, grado, clase y tipo de desertificación y otros procesos detallados como compactación, pérdida de cobertura, entre otros.

Los diferentes factores se combinan cartográficamente con pesos diferenciales, entre ellos según su importancia en los procesos de desertificación. En el nivel local, los pesos y calificativos podrían variar según las características de la zona. Se debe evitar o minimizar la subjetividad a la hora de definir los pesos y calificaciones en las variables y factores, para tal fin es importante comprometer a un grupo de expertos regionales y locales. En la medida de lo posible, utilizar métodos

estadísticos como el Proceso Analítico Jerárquico (AHP, por sus siglas en inglés) o *software* como PriEsT (Priority Estimation Tool) (Siraj et al., 2013), que permiten calcular las ponderaciones de los criterios y el análisis de consistencia estadística.

De otra parte, se han propuesto diversos modelos para aproximarse a definir zonas con distintos grados susceptibles o con riesgo a la desertificación. Aquí se resalta la investigación y propuesta metodológica sobre indicadores de desertificación realizada por Correa y su aplicación en una cuenca del Valle del Cauca (Correa, 2015). Esta investigación tuvo como objetivo la evaluación de indicadores biofísicos de riesgo de desertificación mediante modelo metodológico multifactorial, que incluyó la estimación de la amenaza a desertificación, la generación del índice de vulnerabilidad del suelo, y la obtención del índice de riesgo a desertificación.

Este modelo se aplicó en la cuenca del río Amaime (Valle del Cauca), diferenció áreas con mayor o menor riesgo, mediante el modelamiento espacial de superficies de datos disponibles, los cuales ponderan la influencia a nivel regional de factores biofísicos en los procesos de desertificación y degradación de tierras, con mayor precisión y resolución, también es aplicable a regiones similares (Correa, 2015). Según este modelo, el riesgo es el producto de la amenaza por la vulnerabilidad, porque la amenaza y la vulnerabilidad son los componentes principales de este, los cuales se encuentran representados por indicadores biofísicos y socioeconómicos de degradación que permiten el análisis integral del riesgo a desertificación (Figura 2).

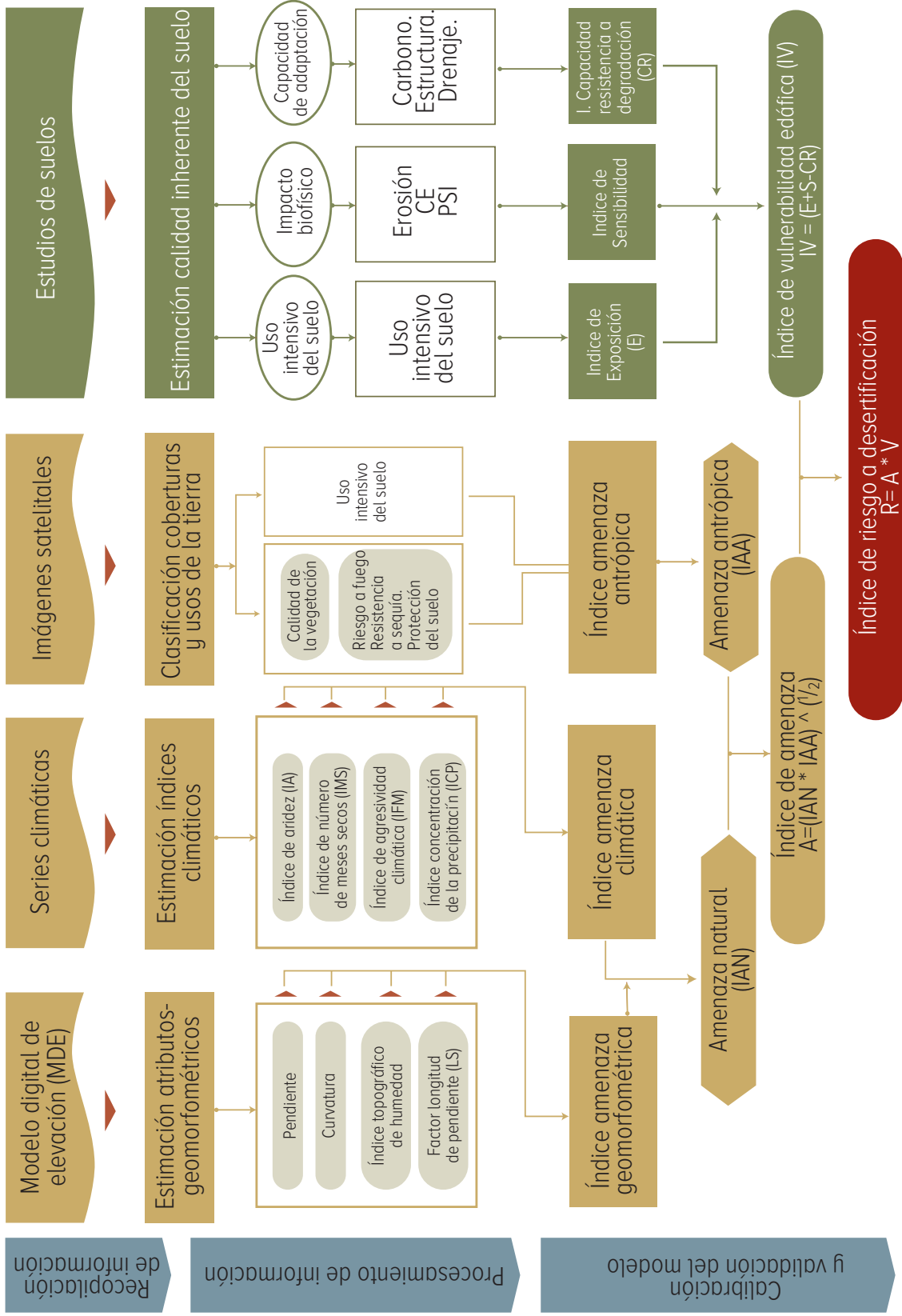


Figura 2. Ejemplo de modelo de riesgo a la desertificación mediante indicadores biofísicos (Correa, 2015). Fuente: Elaboración propia.



1.1.3 Zonificación preliminar de línea base de degradación de suelos por desertificación

Considerando que la zonificación local está orientada a identificar áreas específicas con procesos de desertificación para implementar acciones de gestión que prevengan, mitiguen o recuperen el impacto ocasionado, se requiere:

- Revisar y utilizar información proveniente de las publicaciones o de los estudios elaborados por agremia-

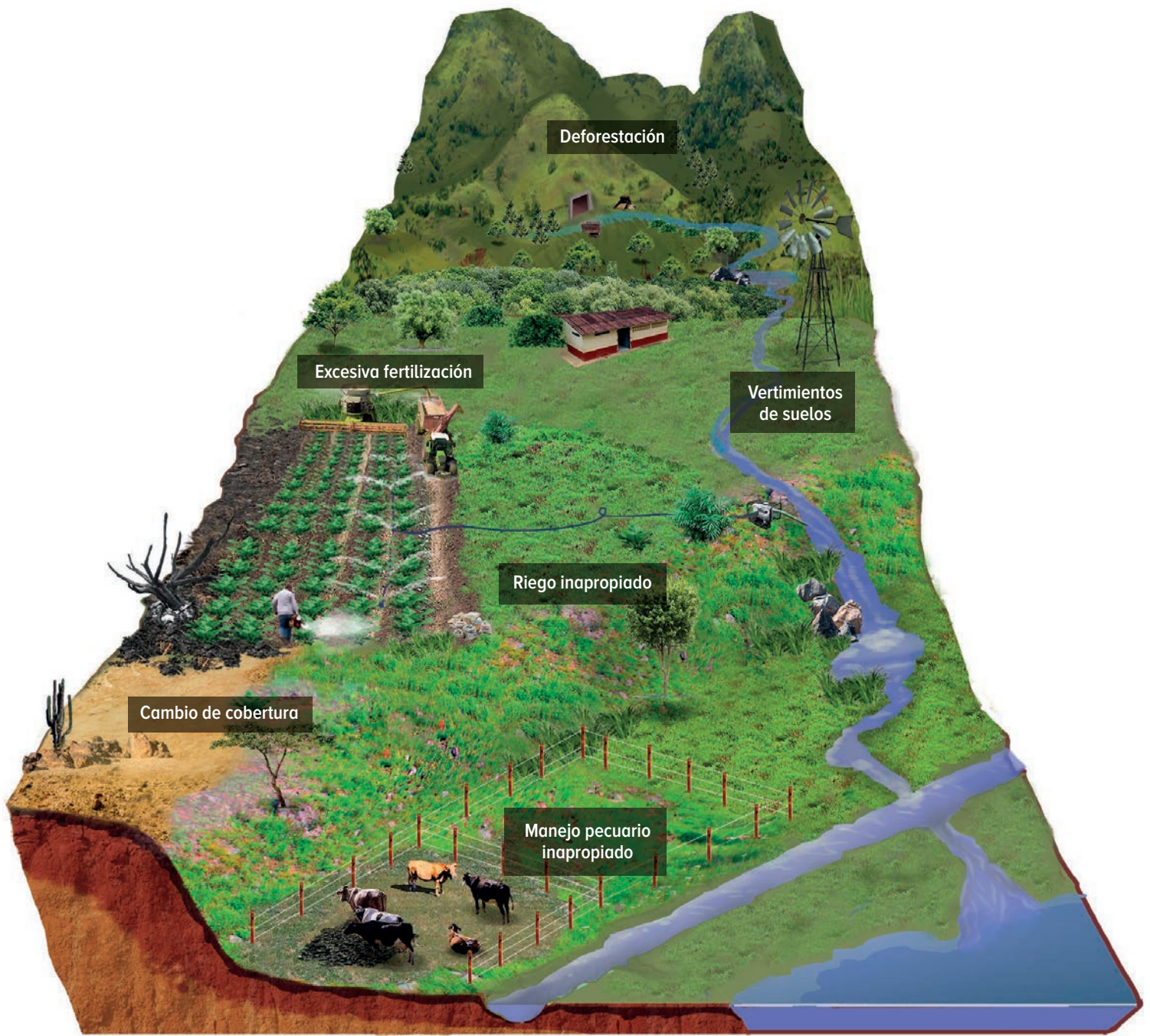
ciones, centros o grupos de investigación, empresas, universidades, alcaldías y entidades locales.


- Consultar los planes de ordenamiento territorial, planes de desarrollo, Pomcas y otros estudios realizados en las zonas definidas.
- En su defecto, generar la información temática y cartográfica de mayor detalle y a escala adecuada.
- En las escalas locales será necesario generar información primaria que incluya toma de datos de variables de suelos, aguas, clima, sistemas de usos y otras fuentes que ocasionan desertificación.

La zonificación de la línea base de la degradación de suelos por desertificación a nivel local se construye a partir de insumos relacionados con la degradación de suelos y los sistemas de uso de la tierra (Figura 3). Si bien su contenido es similar al descrito para el nivel regional, en este caso se debe utilizar mayor detalle y precisión en la información de las bases de datos, las cuales se basan en los estudios con mayor detalle de los procesos específicos de degradación de suelos como erosión, salinización, compactación, pérdida de carbono orgánico, entre otros.



Figura 3. Factores y variables para generar la zonificación del estado actual de degradación de suelos por desertificación, a nivel local. Fuente: elaboración propia.



 **Figura 4.** Principales sistemas de uso y prácticas agronómicas que generan degradación de suelos por desertificación.
Fuente: elaboración propia (Idea: autores. Ilustración Camilo Sánchez)



El énfasis a este nivel se debe realizar en la relación entre los sistemas de uso y sus prácticas agronómicas, pecuarias o forestales (ver figura 4). Con los procesos de degradación procurar identificar y diferenciar la mayor cantidad de sistemas de uso de la tierra, que incluya una caracterización según los sistemas de preparación del terreno, el sistema de riego, la forma y tipo de fertilización, aplicación de abonos, tipos y dosis de agroquímicos, número de cabezas de ganado, si hay rotación de potreros, pasturas mejoradas, uso de maquinaria agrícola o forestal, destino del mercado, poscosecha y agroindustria; o sea aquellas actividades que efectúen algún tipo de degradación de las tierras. Además, conviene separar los usos según su entorno biofísico, de acuerdo con la pendiente, el clima y la geoforma.

El proceso de construcción de la zonificación a nivel local se realiza por medio de varios análisis cartográficos con los anteriores insumos. Este análisis se hace de forma progresiva conservando la

lógica de unión de capas, en las que se logren unidades espaciales relacionadas con los procesos, pero también con las causas; de esta manera, estas unidades son de gestión. Bajo esta premisa, se considera que la unidad de sistema de uso debería tratar de mantener su delimitación y los demás insumos, o sea procesos de degradación y prácticas de uso, se convierten en atributos de esta unidad. Esto se logra de dos maneras:

- por medio de análisis cartográficos y estadísticos, tratando de mantener la unidad de sistema de uso detallada, o
- caracterizando cada una de las unidades de sistemas de uso, por medio de encuestas y talleres (según metodología LADA-WOCAT).

El resultado final es la zonificación preliminar de la degradación de suelos por desertificación, cuyas unidades espaciales relacionan los procesos específicos de degradación con sus causas. Por

ello, estas unidades sirven de unidades de gestión y de manejo para implementar los proyectos de conservación, restauración, rehabilitación o mitigación de la desertificación.

1.1.4 Clasificación y calificación de la degradación de suelos por desertificación a nivel local

La clasificación y calificación de la degradación de suelos por desertificación a nivel local mantiene los mismos criterios utilizados para el regional, es decir, se realiza por su *grado* de afectación, por el *tipo* predominante de procesos de degradación y por su *origen* principal (ver ítem B2, 2.1.5, página 92). Además, se pueden adicionar subdivisiones en cada una de ellas. El énfasis se debe realizar en el *Origen* en relación con las causas; esta se debe especificar según las prácticas de los sistemas de uso. En la siguiente tabla se sugieren algunas categorías:



Nariño, Cundinamarca

Origen general	Causas específicas	Efectos	Símbolo
Antrópico-Agrícola	Preparación de suelos mecanizada	Volteamientos de suelos, mayor exposición, generación de erosión y compactación	AM
	Laboreo de suelos con instrumentos o manual	Modificación de la estructura, mayor exposición, erosión en zonas de ladera	AL
	Fertilización química	Exagerada aplicación de productos químicos para la nutrición genera desbalance y salinización	AF
	Abonos orgánicos	La aplicación de abonos orgánicos de forma exagerada o poco tratados genera acidez o salinización y bioinfestación	AA
	Riego	Los sistemas de riego mal utilizados crean erosión, salinización o lavado de nutrientes. El uso continuo de riego es causa principal de salinización	AR
Antrópico-Pecuaría	Pastoreo en ladera	Se ha demostrado que la ganadería de pastoreo en zonas de ladera produce compactación y erosión por terracedo (pata de vaca)	PL
	Pastoreo intensivo	A mayor carga de animales o falta de rotación de potreros mayor compactación y desbalance nutricional por exceso de excretas	PI
	Vertimiento de excretas sin procesar	Las formas estabuladas de cría y levante de animales producen residuos de excretas y otros productos pecuarios que generalmente son vertidos a potreros cercanos sin tratamiento, generando bioinfestación y salinización	PV
Antrópico-forestal	Maquinaria pesada	Por el uso inapropiado de maquinaria pesada en las actividades forestales se crea compactación	FM
	Especies alelopáticas o de alto consumo de agua	Plantaciones forestales con especies alelopáticas, o que requieren alto consumo de agua, generan resacamiento y falta de cobertura sobre los suelos, produciendo erosión	FE
	Deforestación	El aprovechamiento forestal en zonas naturales, en incluso en plantaciones forestales provocan la erosión, compactación y pérdida de materia orgánica en el suelo	FD
Antrópico-Minería	Minería subterránea	Concentración de aguas freáticas con sales durante la fase de explotación y en las zonas de acopio del material extraído forman lixiviados que por escorrentías, producen contaminación y salinización	MS
	Minería cielo abierto	El suelo es extraído de sus condiciones naturales; la mayoría de las propiedades físicas y químicas se ven afectadas. Hay mezcla de horizontes. Suelo perderse o deteriorarse	MC
Antrópico-Urbano	Centros urbanos	El sellamiento permanente elimina las funciones y servicios de los suelos. Hay mayor escorrentía e inundaciones.	UZ
Natural	Procesos morfodinámicos naturales	Las cordilleras en movimiento crean procesos de movimientos en masa de forma natural	NM
	Variabilidad y cambio del clima	Las variaciones del clima en las últimas décadas han creado ambientes más secos, estos promueven la erosión y pérdida de materia orgánica	NC
	Cuñas salinas	Los movimientos tectónicos producen mayores incursiones de aguas salinas hacia el interior del suelo	NS



Tabla 1. Clasificación de la degradación de suelos por desertificación según su origen y causas específicas. Fuente: Elaboración propia.

1.2 Preparación de trabajo de campo

Esta etapa tiene como propósito definir las actividades para la verificación de las delineaciones y calificaciones de las unidades espaciales de la zonificación preliminar y la caracterización de los procesos de degradación de suelos, con base en el trabajo de campo. Para esto, se definen los recorridos de campo, el sistema de muestreo, los materiales e instrumentos requeridos, asimismo se identifican los sitios más representativos para la toma de muestras de suelos.

El formulario de captura de información en campo y la preparación de los materiales se utilizan igualmente que en el regional. El diseño del muestreo y la identificación de actores tienen otros elementos en el ámbito local.

1.2.1 Diseño del muestreo de campo y ubicación de los puntos de muestreo

La verificación de las delineaciones y calificaciones de las unidades espaciales de desertificación y la caracterización de cada una de ellas requiere un muestreo sistemático en campo. Para tal fin, se debe diseñar un sistema de muestreo representativo con el cual extrapolar la información a unidades homogéneas o similares. Este diseño se formula a partir de la zonificación preliminar obtenida en la etapa anterior y del mapa de susceptibilidad, sobre ellos se realiza un análisis de representatividad espacial, identificando las zonas posibles para el muestreo.

Con respecto a la ubicación de las zonas de muestreo, se observan las vías de acceso y la heterogeneidad de las unidades, dentro de estas se definen los sitios escogidos. El muestreo es de mayor intensidad por las exigencias de la escala

local, se recomienda utilizar la red rígida en transectos definidos. Las observaciones se hacen teniendo en cuenta un distanciamiento preestablecido, el cual depende de la escala de detalle a utilizar y de la cuadrícula de los sitios de muestreo, estos corresponden a las intersecciones de las líneas, tal como aparece en la siguiente figura 5. Cuando se utiliza la red rígida, se tiene un mayor número

de observaciones y en algunos casos estas pueden coincidir con áreas poco representativas.

La aplicación de la red rígida depende de los accesos, vías y autorización de los propietarios para ingresar a los predios. En ese caso, se sugiere una combinación con una red flexible que se basa en el mismo criterio, pero reubica los puntos dependiendo de las condiciones mencionadas.

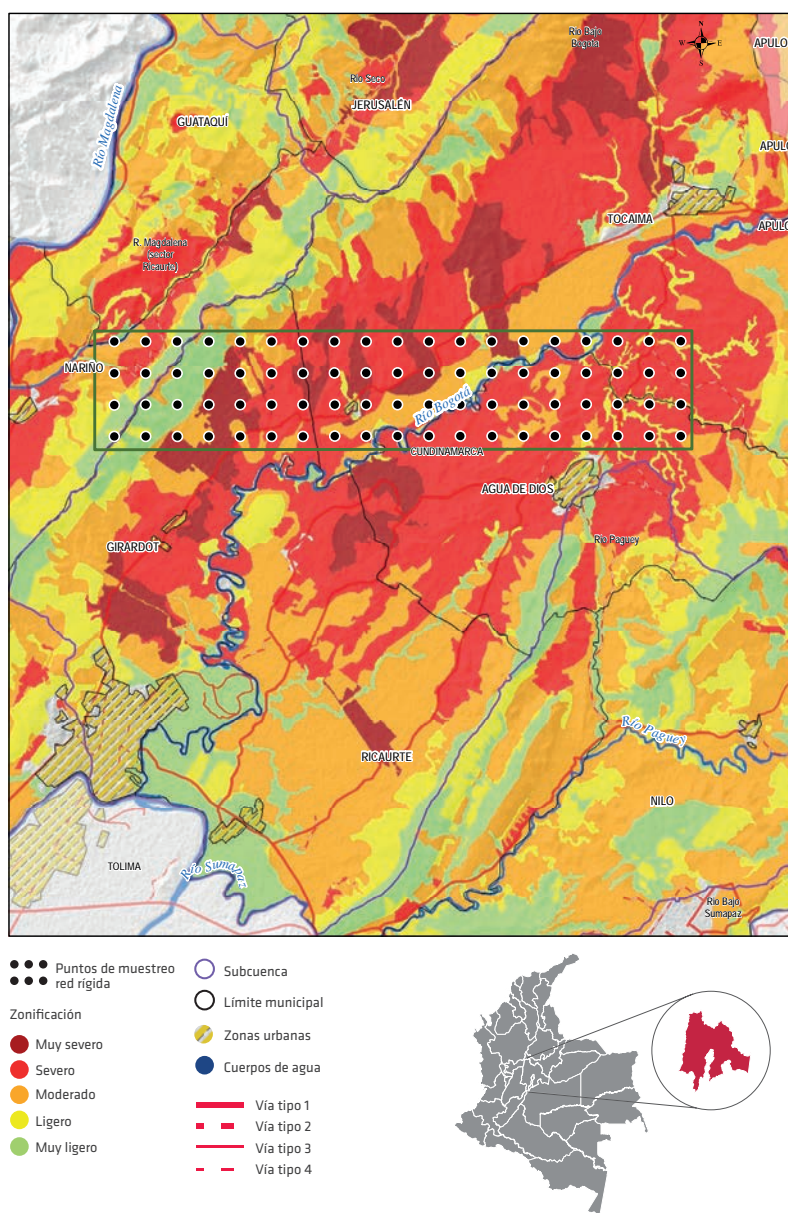


Figura 5. Diseño de muestreo de red rígida, sugerido para el muestreo del nivel local. Fuente: Elaboración propia.



Una vez definidos los puntos en la intersección de las líneas de la red dibujada sobre la cartografía, esta se llevará a campo, como aparece en la figura 5. Luego con el apoyo de las aplicaciones informáticas se visualiza la zona de estudio; también con un GPS se realiza una programación preparatoria, en la cual se estiman los recorridos y el área de interés.


Uno de los aspectos esenciales en la preparación de los trabajos de campo en lo local es establecer los actores (contactos) regionales y locales que brinden el apoyo necesario para el desarrollo de esta actividad. Las entrevistas y charlas con instituciones, gremios y productores pueden apoyar este proceso mediante el suministro de información y acompañamiento.

1.3 Trabajo de campo

En el trabajo de campo se aplican las actividades diseñadas en la etapa de preparación, estas verifican las delineaciones de la zonificación preliminar y las calificaciones de cada una de las unidades, según el sistema de clasificación. Asimismo se recolecta información primaria, la cual contribuirá a la caracterización de cada una de las unidades espaciales de degradación. Para tal fin, se aplican los formularios de captura en el diseño de muestreo de suelos y se realizan las entrevistas con los actores locales: técnicos, productores y campesinos.

Además se realizan recorridos de campo, levantamiento de información y

datos y la toma de muestras para enviarlas al laboratorio. El procedimiento es similar al descrito en el nivel regional (ver ítem B 2.3, página 103).

 **Durante los recorridos, es importante identificar los cambios en el uso del suelo y las prácticas comunes más utilizadas. Realizar las observaciones sobre los cambios en las propiedades del suelo, en particular, sobre las relaciones suelo-agua-biodiversidad. Los procesos de degradación deben ser claramente identificados y caracterizados, buscando sus causas, a fin de concluir los impactos que han tenido en lo social, económico y ecológico.**

Las entrevistas y talleres son muy importantes con los productores y campesinos porque ellos son los directos usuarios de los recursos. Comprender su mentalidad y entender por qué realizan ciertas actividades y prácticas ayudará a mejorar el análisis de los procesos y contribuirá a una mejor zonificación y diagnóstico de la zona. En la figura 6 se presenta un modelo de preguntas para la ampliación de las entrevistas.

 Suelo compactado. Campoalegre, Huila



COMPLEMENTO DE INFORMACIÓN A NIVEL LOCAL

PRACTICAS ESPECÍFICAS DE MANEJO DE CULTIVOS (incluye pastos)

PREPARACIÓN DE TIERRAS

- Arado de vertedera
- Arado de discos
- Arado de cincelos
- Arado con bueyes
- Arado manual
- Labranza mínima
- Labranza cero

Otras actividades

- Rastrillada
- Nivelada
- Subsolada
- Rotovator

IRRIGACIÓN

- Tipo
- Gravedad
 - Inundación
 - Goteo
 - Aspersión

Frecuencia

- Diaria
- 2/3 por semana
- 1 por semana

Fuente

- Distrito de riego
- Lago/ lago artificial

FERTILIZACIÓN

Fuente

- Química
- Abonos
- Otros

Cuales

Cantidad

- < 1 ton/ha
- 1-3 ton/ha
- > 3 ton/ha

Tipo:

PRÁCTICAS ESPECÍFICAS DE MANEJO PECUARIO

TIPO DE GANADERÍA

- Bovina
- Ovina
- Caprina
- Porcicola
- Búfalos
- Otros

Especificar más detalles (ej. razas)

PRÁCTICAS

- Rotación de potreros
- Mejoramiento de pastos
- Renuevo de pasturas
- Quemadas
- Abrevaderos
- Saladeros

Otras prácticas

CARGA (cabezas /ha)

- < 0,5
- 0,5 - 1
- 1 - 2
- 2 -3
- > 3

OTRAS OBSERVACIONES

MANIFESTACIONES DE LA DESERTIFICACIÓN

CAMBIO DE COBERTURA

- Bosques a cultivos
- Bosques a pastos
- Cultivos a pastos
- Pastos a cultivos
- A plantaciones forestales
- A minería
- A infraestructura

EROSIÓN

Clase

- Calvas
- Surcos
- Carcavas
- Terraceo
- Sedimentos
- Otros

Grado

- Ligero
- Moderado
- Severo
- Muy severo
- Otra estimación

SALINIZACIÓN

Clase

- Salino
- Sódico
- Magnésico
- Calcáreo
- Yesífero
- Combinación
- Otras

Grado

- Ligero
- Moderado
- Severo
- Muy severo
- Otra estimación

COMPACTACIÓN

Clase

- Superficial
- Subsuperficial
- Por maquinaria
- Por tránsito
- Por ganadería
- Otras

Grado

- Ligero
- Moderado
- Severo
- Muy severo
- Otra estimación

FOTOS DE LAS MANIFESTACIONES

FOTOGRAFÍAS / DIBUJOS / referentes

RELACIONADOS CON DEGRADACIÓN DE COBERTURA Y BIODIVERSIDAD

Foto: .jpg

RELACIONADOS CON DEGRADACIÓN DE SUELOS

Foto: .jpg

RELACIONADOS CON DEGRADACIÓN DE AGUAS

Foto: .jpg



Figura 6. Cuestionario sobre la caracterización de los procesos de degradación de suelos por desertificación a nivel local.

1.4 Poscampo

Posterior a los trabajos de campo, es necesario la organización de los datos e información primaria, el análisis de los resultados de laboratorio de suelos, el ajuste de los mapas de susceptibilidad y zonificación y la generación de la leyenda del mapa, de acuerdo con la caracterización de los procesos de degradación.

Estas actividades son similares al nivel regional (ver ítem 7.4), por ello, se resaltan los elementos de mayor relevancia a nivel local.

1.4.1 Ajuste y reclasificación del mapa de susceptibilidad y zonificación preliminar

Considerando que los mapas son aproximaciones a la realidad, los trabajos de campo permiten ajustar los mapas preliminares tanto en sus delineaciones como en su calificación.

En el caso del modelo de susceptibilidad a la desertificación –de acuerdo con los resultados de los trabajos de campo y los análisis de laboratorio–, es importante aplicar nuevamente el modelo y revisar la pertinencia de cada uno de los insumos y la sensibilidad de la calificación de las variables.

Aparte de la revisión y ajuste de los insumos cartográficos, es necesario realizar la valoración de los pesos de cada una de las variables y de los nuevos factores que definen la susceptibilidad. El modelo de susceptibilidad puede tener varios resultados e incluso formas de presentación, según la interpretación de la valoración final. La decisión de un único resultado y presentación final se hace de forma consensuada con el equipo de trabajo y conforme a lo visto en campo.

De igual manera, la zonificación preliminar debe ser ajustada tanto en la calificación de las unidades como en las delineaciones donde se comprobó que

existían errores de delimitación. Estos ajustes se hacen considerando:

- La revisión de los insumos cartográficos detallados utilizados.
- La interpretación de los resultados de los análisis de laboratorio de suelos.
- Los nuevos datos o información producto de las encuestas o talleres.
- La identificación y caracterización de los sistemas de uso y sus prácticas.
- Los rasgos o manifestaciones de los procesos específicos de degradación de los suelos.

Teniendo en cuenta que la zonificación es el producto de los procesos de reclasificación y del cruce de mapas de suelos y uso de la tierra, se pueden presentar inconsistencias temáticas y cartográficas; por lo tanto, se realizan actividades necesarias con base en los procesos de SIG sobre las coberturas digitales, de tal manera que se ajuste y elabore la zonificación cartográfica final.

1.4.2 Elaboración del mapa final de zonificación de degradación de suelos por desertificación y su leyenda

Con respecto a la elaboración de la salida gráfica de la zonificación final de la línea base local, según el modelo de la figura

21 (capítulo B2, ítem 2.4.3), se consideran las siguientes acciones:

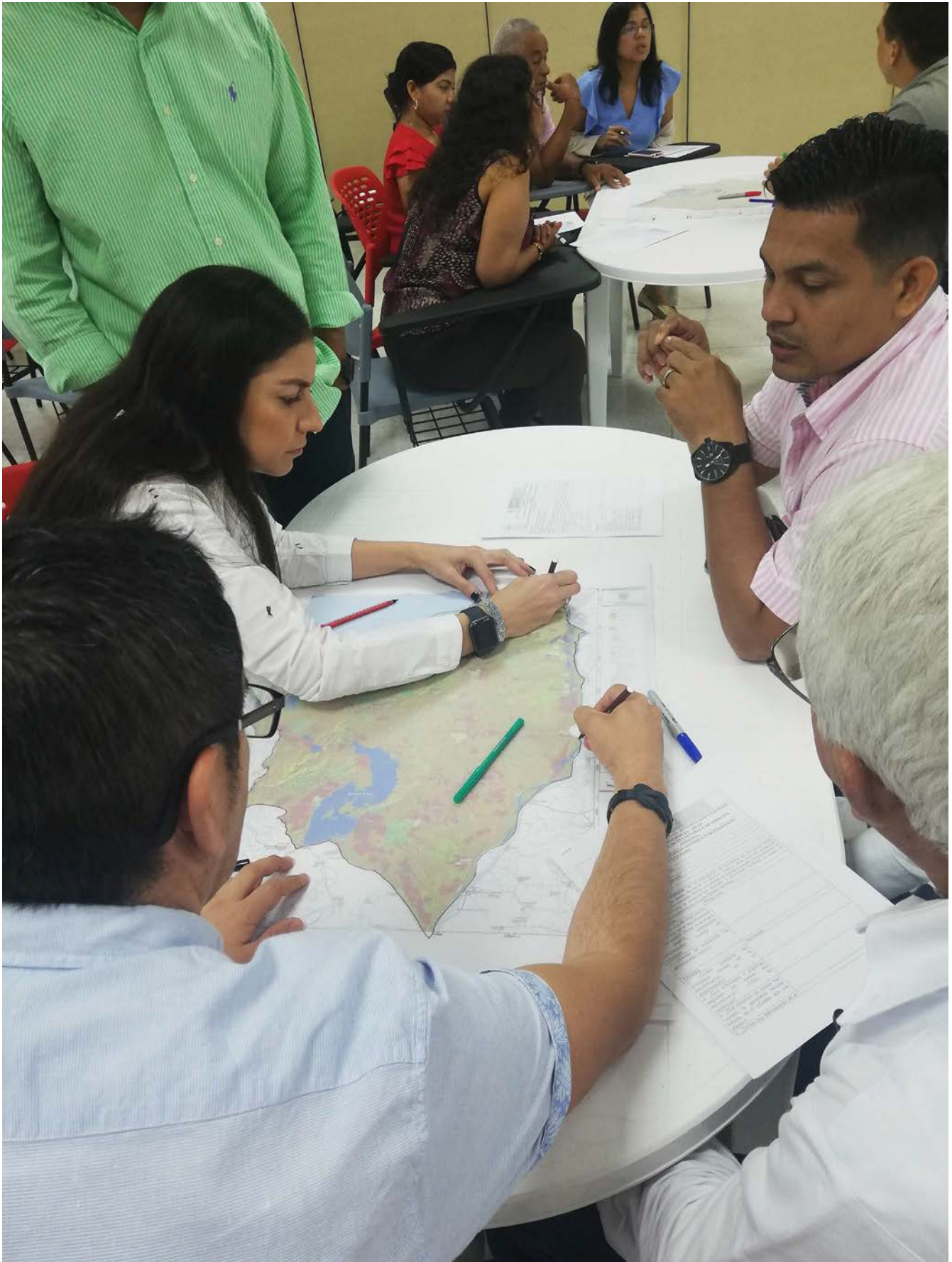
- Realizar geoprocésamiento de unión con la cobertura digital detallada, según escala de salida (entre 1:10.000 y 1:25.000) que contemple el perímetro de la zona de estudio.
- Llevar a cabo el geoprocésamiento de actualización, en el cual se rescatan los cuerpos de agua, centros urbanos y otras coberturas diferentes a las unidades de suelos.
- Cumplir con estándares de calidad cartográficos mínimos (área mínima cartografiable de 3 x 3 mm, lo cual corresponde para una escala de trabajo 1:25.000 a 5.625 m² o 0,56 ha y para una escala de trabajo 1:10.000 a 900 m² o 0,09 ha.).
- Definir la representación (simbología) de la cobertura digital. Elaborar la leyenda temática y de simbología utilizada en la zonificación, en ella se consideran los atributos de grado, clase y origen según las causas específicas, junto con la descripción de cada unidad.

Finalmente, se elabora la leyenda temática y de simbología utilizada en la zonificación, en esta se registran los atributos de grado, tipo, origen y causa específica. En la siguiente tabla se presenta un ejemplo de la leyenda de la zonificación a nivel local.

Grado	Tipo	Origen	Causa específica	Símbolo
Muy ligero	N/A	N/A	N/A	ML
Ligero	Erosión	Agrícola	Preparación de suelos mecanizada	LeAM
Moderado	Mixto (erosión, compactación)	Pecuaría	Pastoreo en ladera	MmPL
Severo	Mixto (salinización, compactación)	Agrícola	Mecanización, riego, fertilización	SmA
Muy severo	Erosión	Pecuario	Pastoreo en ladera e intensivo	MSeP



Tabla 2. Ejemplo de Leyenda final de la zonificación de degradación de suelos por desertificación, a nivel local. Fuente: elaboración propia.



📷 Villa de Leyva, Boyacá.



2. ANÁLISIS DE CAUSAS E IMPACTOS

Esta fase profundiza sobre las posibles causas y consecuencias de la degradación de suelos por desertificación a escala local, en particular, en las zonas de mayor interés para el control y neutralidad de la degradación. Se trata de buscar mayor detalle y resolución de la información primaria para evidenciar la dinámica de los procesos de desertificación en tiempo y en espacio.

Las etapas y actividades son las mismas de la metodología a nivel regional (ver ítem B3). Aquí se hace énfasis en las actividades que requieren mayor profundización debido a la escala de trabajo. El protocolo en este nivel se debe implementar en zonas específicas de interés o de alta importancia para realizar acciones para su mitigación, rehabilitación o restauración, de cara a controlar o revertir los procesos de degradación de suelos por desertificación, con el fin de contribuir a la estrategia de neutralidad de esta degradación.

2.1 Identificación y definición de variables

El propósito de esta etapa es identificar y definir las variables y criterios que inciden en la degradación de los suelos por desertificación a nivel local. Por ello se especifican los siguientes procesos:

- Actualizar la información obtenida en la línea base regional,
- Considerar información de tipo espacial y temporal que evidencie la dinámica de los procesos de degradación, y
- Levantar información primaria en campo para su caracterización.

La revisión de información secundaria se enfoca en aquellos temas relacionados, directa o indirectamente, con la problemática de la desertificación. Algunas temáticas de consulta, según la disponibilidad y el detalle, son:

- Revisión histórica de la construcción de territorio, procesos y modelos de colonización, determinantes culturales en el aprovechamiento y uso de los recursos naturales.

- Aspectos culturales de la cosmovisión, análisis de clases dominantes y poder hegemónico.
- Formas y modos de producción agropecuaria, relación con mercados y demanda interna
- Dinámicas demográficas veredales.
- Roles y responsabilidades de la institucionalidad estatal y privada: entidades que trabajan o desarrollan proyectos relacionados con la degradación de suelos.
- Políticas públicas con influencia local.
- Indicadores y variables socioeconómicas municipales y veredales. Instrumentos de planificación (POMCA, POT, EOT, PBOT).
- Análisis de información relacionada con lo ambiental y geográfico (clima, geomorfología, biodiversidad, suelos, amenazas naturales, variabilidad, cambio climático, entre otros).

El levantamiento de información primaria municipal o microcuencas debe estar enfocado a:

- Información histórica relacionada con el uso del suelo, sistemas de producción y prácticas de manejo agrícola (ancestrales, tradicionales, mecanización, otras).
- Tenencia de la tierra, propiedad, aparcería, arrendamiento.
- Datos socioeconómicos: demografía, infraestructura, dinámica de mercados, información sociológica y cultural.
- Información sobre procesos específicos degradación del suelo (erosión, salinización, compactación, contaminación, etc.).
- Información de sensores remotos y cartográfica digital (vector o raster) histórica y en escalas detalladas para analizar cambios de coberturas, usos y dinámica hídrica, entre otros.





2.1.1 Identificación de variables y criterios de causas de la desertificación

En la siguiente tabla se presenta algunas variables de causas directas y los criterios relacionados con la desertificación, para la escala local (ver figura 7):

Grupo de presiones	Causa directa	Variables/ Insumos
Planeación del uso del suelo	Falta de planificación rural	Zonificación POT, zonificación ordenamiento productivo municipal, zonificación ambiental vs. uso actual de la tierra
	Cultivos o ganadería en zonas no aptas	Aptitud de uso de la tierra específico para cada uno de las actividades agropecuarias vs. uso actual de la tierra, departamental y municipal
	Conflictos de uso	Conflictos de uso del territorio a nivel municipal (capacidad de uso vs. uso actual)
Manejo de cultivos	Falta de prácticas y medidas de manejo sostenible de suelos	Descripción por cada sistema de uso de la tierra de las prácticas agronómicas o pecuarias utilizadas que generan degradación
	Riego inapropiado	Descripción cualitativa y cuantitativa de los diversos sistemas de riego utilizado en cada sistema de uso. Análisis de eficiencia
	Aplicación inadecuada de fertilizantes	Estimación de fuentes y dosis utilizadas de fertilizantes químicos en cada uno de los sistemas de uso
	Aplicación excesiva de agroquímicos (pesticidas) residuales	Estimaciones de dosis y aplicaciones, de plaguicidas, pesticidas y herbicidas por cada sistema productivo. Análisis de residualidad y contaminación en el suelo
	Exceso utilización de maquinaria agrícola	Inventario de maquinaria agrícola (o pecuaria). Análisis de actividades e intensidad de uso de la maquinaria dentro de los terrenos
Deforestación y remoción de vegetación natural	Labranza exagerada o continua	Descripción de los métodos e instrumentos para la preparación de terreno (labranza) por cada sistema de uso y en cada unidad de suelos. Análisis sobre disturbios en estructura, retención de humedad y aireación de suelos.
	Deforestación a tala rasa	Mapas de deforestación detallados. Nivel municipal o departamental. Análisis últimos 10 años.
	Forestación comercial a gran escala	Ubicación de plantaciones forestales. Historial de uso. Análisis de manifestaciones de degradación
	Incendios forestales	Inventarios de incendios forestales. Zonificación y análisis de daños en suelos
Prácticas pecuarias	Infraestructura forestal	Inventario de maquinaria forestal. Historial y ubicación de utilización
	Sobrepastoreo	Mapa de uso de la tierra. Zonificación y tipificación de sistemas ganaderos. Descripción de prácticas pecuarias. Estadísticas Dane y Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural
	Número excesivo de cabezas de ganado	Inventarios de cabezas de ganado por municipios o veredas o unidades productivas. Estadísticas Dane y Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural vs. aptitud de uso
Actividades industriales o mineras	Pisoteo o tránsito excesivo del ganado	Análisis de estudios de erosión sobre coberturas herbáceas. Zonificación de degradación de suelos por erosión clase terraceo o pata de vaca, municipal o veredal
	Deposición de residuos	Número y ubicación de permisos de escombreras o residuos de construcción o industriales
	Vertimientos sobre suelos de aguas industriales o minería	Número y ubicación de permisos de vertimiento de aguas residuales domésticas, industriales o de actividades mineras
Desarrollo urbano e infraestructura	Contaminación por reuso o riegos	Estudios de calidad de aguas de riego o de re-uso proveniente de actividades industriales o minería
	Construcciones urbanas en suelos con vocación agropecuaria	Mapas detallados de cobertura terrestre. Análisis histórico de territorios artificializados vs. capacidad de uso
	Construcción de infraestructura recreativa, turística mal planificada	Mapas detallados de cobertura terrestre. Análisis histórico de territorios artificializados destinados a actividades recreativas o turísticas
	Construcción de vías y caminos inadecuadas	Inventario y ubicación de la red vial local y regional. Análisis de vías vs. procesos de degradación

Grupo de presiones	Causa directa	Variables/ Insumos
Alteración del ciclo hidrológico	Adecuación de tierras (riego o drenaje)	Mapa de zonificación de distritos de riego grandes, medianos y pequeños. Descripción de obras de canales o de avenamiento. Historial de cambios físicos del terreno.
	Cambios en la infiltración y conductividad hidráulica	Estudios detallados de suelos, con énfasis en propiedades físicas relacionadas con el agua: contenidos y dinámica. Cambio en las propiedades: capacidad de campo, punto de marchitez permanente, infiltración, conductividad hidráulica.
Causas naturales	Relieves extremos (pendientes muy fuertes)	Modelo digital del terreno. Ubicación de zonas con pendientes superiores al 75%. Modelos de escorrentía.
	Intensidad muy alta de lluvias o tormentas	Mapas de intensidad de lluvia. Índice de concentración de la precipitación. Índice de Fournier modificado.
	Zonas de inundación	Zonificación de zonas de inundación. Eventos extremos de inundaciones.
	Sequías extremas y variabilidad climática.	Índice de sequía mensual y trimestral.
	Movimientos en masa naturales	Inventario y ubicación de movimientos en masa.



Tabla 3. Causas directas y criterios relacionados con la desertificación. Fuente: Elaboración propia.



Figura 7. Principales causas de la desertificación. Fuente: Elaboración propia (Idea: autores. Ilustración Camilo Sánchez)



2.1.2 Identificación y definición de variables y factores de impacto de la desertificación

La identificación y análisis de los impactos se realiza de acuerdo con los componentes que afecta: ecológico, económico y sociocultural. Las variables de impacto, a nivel local, pueden provenir de información secundaria de estudios locales o de información primaria levantada en campo, por medio de talleres y encuestas. Es necesario tener información de los municipios o de las unidades ambientales detalladas (ejemplo meso y microcuencas) relacionada con vocación de uso, áreas protegidas, análisis de prioridades de conservación, historial de cambios de uso, variación en los rendimientos productivos, cambios en la calidad y cantidad de agua, incrementos en los costos de producción, pérdida de biodiversidad y desplazamiento de la población, entre otros. Esta información puede ser validada, enriquecida u obtenida en talleres y conversatorios con actores locales de la región.

Algunos de las principales variables para la evaluación de los principales impactos a nivel local se presentan en la siguiente tabla.

Componente	Tipo de impacto	Variable /Fuentes
Ecológico	Pérdida de productividad primaria neta (biomasa)	Mapas históricos de cobertura terrestre. Imágenes de satélite de alta resolución. Modelos de cálculo PPN
	Pérdida de materia orgánica (carbono orgánico del suelo)	Estudios detallados de suelos. Análisis históricos de suelos por cada sistema de uso
	Pérdida de fertilidad o nutrientes	Estudios detallados de suelos. Histórico de análisis químicos de suelos por cada sistema de uso
	Cambios en la dinámica hídrica del suelo (infiltración, conductividad hidráulica)	Estudios detallados de suelos. Histórico de análisis físicos de suelos y pruebas en campo por cada sistema de uso
	Cambios en los contenidos de humedad del suelo (capacidad de campo, punto de marchitez)	Estudios detallados de suelos. Histórico de análisis físicos de suelos por cada sistema de uso
	Pérdida de biodiversidad a nivel de ecosistemas, poblaciones y especies	Mapa de cobertura y ecosistema local. Histórico Inventario de especies. Estimación de poblaciones Investigaciones en recursos genéticos
	Afectación de áreas protegidas y prioritarias para la conservación	Zonificación de áreas protegidas nacional, regional y local Análisis de estado actual y cambios históricos
Económico	Cambios en los sistemas productivos	Mapas y estadísticas históricas municipal sobre sistemas productivos predominantes
	Disminución de la productividad (rendimientos)	Datos estadísticos de rendimiento de los principales cultivos o productos pecuarios. Análisis histórico
	Disminución de la capacidad de carga	Inventarios y estadísticas históricas sobre el número de cabezas de ganado
	Cambios en la cantidad y calidad de aguas para riego	Registros históricos de captación y utilización de agua para riego Historial de permisos de uso de agua Análisis de laboratorio de aguas, histórico
	Disminución de los ingresos/ aumento costos de producción	Análisis económicos de los principales sistemas productivos de la zona, discriminando los cambios en costos e ingresos
	Afectación en áreas de vocación agrícola, ganadera	Mapas de vocación o capacidad de uso. Estudios de procesos de degradación de suelos. Conflictos de uso
Sociocultural	Conflictos territoriales	Estadísticas históricas de conflictos armados y desplazamientos de población
	Seguridad y autonomía alimentaria	Inventario de producción de alimentos. Estudios sobre disponibilidad de alimentos y autonomía alimentaria
	Mayor índice de pobreza	Estadísticas sobre índices históricos de pobreza, municipal o veredal
	Cambios en el valor de la tierra	Inventario catastral. Estudios económicos precios de tierras, históricos



Tabla 4. Ejemplos de indicadores de impacto por componente. Fuente: elaboración propia.



De acuerdo con este listado se debe realizar la revisión de información secundaria en distintos niveles de análisis. De otra parte, se debe complementar con la captura de información primaria por medio de encuestas, talleres y reuniones con los distintos actores de la región. La selección y priorización de los impactos contribuirán a la definición de los principales indicadores de la desertificación, con respecto a las actividades de monitoreo y seguimiento del proceso.

2.1.3 Preparación de mapas temáticos preliminares de causas e impactos

En la fase de evaluación es preciso establecer el estado actual y las causas que han generado la desertificación. Así, algunas de estas requieren preparación y ejercicio para espacializar dichas variables, en la medida de lo posible, con el fin de entender su relación de causalidad o de impacto.

Algunos mapas importantes en la escala local son:

- Sistemas de uso de la tierra, con sus atributos de prácticas de manejo productivo
- Tenencia y distribución espacial de la propiedad
- División político-administrativa
- Áreas protegidas y de conservación
- Unidades de manejo ambientales del POT o Pomca
- Unidades de planificación del POT

- Unidades de ordenamiento productivo del POPSP
- Mapas de aptitud por uso específico. Conflicto de uso territorial.
- Zonas de riego, con sus atributos de tipos y prácticas.
- Mapas históricos de deforestación. Incendios forestales.
- Ubicación y permisos de vertimientos y residuos, de zonas urbanas, vías e infraestructura.
- Mapas detallados de cobertura terrestre, de suelos, con sus atributos morfológicos, químicos, físicos y de distribución de especies.

Esta información se debe generar por medio del sistema de información geográfica del proyecto, con base en los ajustes del sistema de proyección, coordenadas de origen y demás información cartográfica. También se realizará una revisión y valoración de la calidad de la información, así como establecer la validez temporal de los metadatos. La escala de salida deberá estar entre 1:10.000 y 1:25.000.

2.2 Preparación de trabajo de campo

Esta etapa tiene como propósito recoger y analizar información primaria, desde la percepción de los expertos regionales y locales y los productores y campesinos sobre el tema de degradación de tierras,

sus causas e impactos locales y de predio. Las principales herramientas metodológicas utilizadas en el ámbito local son:

- Entrevistas semiestructuradas por medio de encuestas para cada tipo de actores.
- Talleres o conversatorios, con la comunidad, en los que se socializa y sensibiliza la problemática y se construye con la comunidad las principales causas y se valoran los impactos de la desertificación en zonas específicas.

Las herramientas son cuantitativas y de observación directa local, ya que la profundidad y sentido de cada uno de los elementos se clarifica al reunir datos cuantitativos, lo cual es aún más integral cuando se relaciona y complementa con la información recogida con los actores relevantes en los talleres, además de las corporaciones y organizaciones que tengan nivel de influencia en el manejo y gestión territorial ambiental.

Por otro lado, se debe contar con información precisa sobre la problemática, es necesario escuchar a los actores locales de las áreas afectadas y capturar esta información en el terreno. De la misma, forma se diseña un formulario o guía de preguntas que orienten la entrevista a los productores o líderes locales (ver cuadro de entrevista a productores y campesinos, figura 8).



El ambiente es de todos

Minambiente

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES – IDEAM
SUBDIRECCIÓN DE ECOSISTEMAS E INFORMACIÓN AMBIENTAL

ENTREVISTA SEMIESTRUCTURADA DE ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS Y CULTURALES RELACIONADOS CON LA DEGRADACIÓN DE SUELOS POR DESERTIFICACIÓN

DIRIGIDO A PRODUCTORES O CAMPESINOS

Nombre y Apellidos quien responde:

Número telefónico y Correo electrónico contacto:

Nombre y Apellidos quien diligencia:

Cargo:

Teléfono contacto:

Definición de DESERTIFICACIÓN: es "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."

INDICADOR FPEIR

ESTADO ACTUAL

Respuesta

1. ¿Ha escuchado usted sobre la desertificación? ¿O sobre la degradación de suelos?
2. ¿Ha observado en su finca zonas de "tierras muertas o pobres"? ¿sectores con volcanes, cárcavas, calvas, caliche o costras blancas o negras sobre el suelo? ¿Cuándo y dónde se presentan?
3. ¿Encuentra en su finca zonas de baja producción, o bajo crecimiento del cultivo? ¿Ha considerado que es un problema de los suelos?
4. ¿Podría estimar cuanto de su finca presenta estos problemas? ¿Tiene registros o datos de laboratorio de suelos?

CAUSAS

Respuesta

5. ¿Ha visto o comprobado que algunas prácticas del cultivo pueden ocasionar pérdida de suelo o que se compacta?
6. ¿Cuándo ha aplicado cal o fertilizantes ha notado que no crecen las plantas?
7. ¿Usted utiliza riego en su finca? ¿Hace cuánto? ¿De dónde proviene el agua? ¿A hecho alguna vez un análisis químico del agua de riego?
8. ¿Realiza prácticas continuas (muchos años) de preparación del suelo, labranza? ¿Utiliza tractor u otro aparato para preparar el terreno?
9. ¿Siembra en dirección a la pendiente? ¿Por qué? ¿Nota que el suelo se escurre?

CONSECUENCIAS

Respuestas

11. ¿La producción de sus cultivos ha disminuido? ¿En cuánto aproximadamente?
15. ¿Los costos para producir han aumentado? ¿Se ha preguntado a que es debido? ¿En qué rubro ha invertido más en las últimas siembras?
16. ¿Ha presentado sequías en los últimos años? ¿Le ha tocado vender el ganado o comprar pasto? ¿Por qué cree que no llueve seguido?
17. ¿Su finca ha dejado de producir, como para irse de jornalero o abandonar la región o emplea menos personas?
18. ¿El valor de las tierras ha cambiado en la región? ¿Su finca cree que valga menos debido a los procesos de degradación de suelos? ¿En qué aspectos nota esto?

RESPUESTAS

Respuestas

17. ¿Recibe usted asistencia técnica relacionada con el manejo de las tierras? ¿Le han hablado de las buenas prácticas agrícolas? ¿Usted cree en ellas?
18. ¿Ha cambiado algunas prácticas del cultivo por otras que nota cambios en la recuperación de los suelos? ¿Quién le enseñó?
20. ¿Sabe que es el manejo sostenible de suelos? ¿Conoce algunas tecnologías o medidas para conservar el suelo?
21. ¿En su finca se implementan algunos proyectos relacionados con rehabilitación, restauración, conexión ecológica, mosaicos de conservación o reforestación?
22. ¿Cuándo invierte en su finca en temas relacionados con conservación o recuperación de suelos?



Figura 8. Modelo de cuestionario para actores locales para la captura de información en terreno sobre la degradación de suelos por desertificación



2.3 Etapa de trabajo de campo

Esta etapa comienza, al igual que para el estudio regional, con una visita preliminar o de reconocimiento de la zona de estudio para identificar a los actores locales, las formas de organización comunitaria y los principales sitios afectados por la desertificación. Se verifican los sitios de los talleres y se confirma el listado para aplicar las entrevistas. Junto con las entidades locales, se organiza la logística de los talleres y se apoya en ellas para lograr una asistencia mayoritaria.

El paso siguiente es la aplicación de los formularios de las encuestas y la realización de los talleres. Las entrevistas con actores locales deben ser orientadas hacia los focos de desertificación, identificando las causas y haciendo ver la gravedad de sus consecuencias. En este nivel, se debe tener bastante flexibilidad en las preguntas, ya que el entrevistador tiene la libertad de dar mayor

profundidad a determinadas preguntas, según el actor o la situación a analizar. Es común que los actores desconozcan las consecuencias de la desertificación en la economía de la región e incluso en la seguridad alimentaria de las comunidades locales.

Se deberán seguir los mismos pasos, procedimientos y esquemas de trabajo de la implementación regional del protocolo para la identificación, análisis y evaluación de la degradación de suelos por salinización, con la adaptación de estrategias propias para cada contexto, recopilando información con la comunidad, y relacionando percepciones de la problemática de los diferentes grupos socioeconómicos.

Los talleres se constituirán en conversatorios en los que se recoja la percepción de las comunidades y de los actores clave del orden social, económico e institucional relacionados con la desertificación. Estos pueden estar orientados a:

- Sensibilizar a los productores y campesinos sobre el proceso de desertificación.
- Identificar y localizar los sitios o focos de degradación de suelos de forma conjunta.
- Indagar sobre las posibles causas de los procesos de degradación y puntualizarlas.
- Tratar de explicar su estado actual y visualizar los cambios percibidos en los últimos 20 años.
- Identificar las consecuencias de la desertificación en sitios específicos o de forma semicuantitativa (ejemplo, disminución de los rendimientos en kg o toneladas).
- Resaltar las respuestas de la comunidad o de las instituciones frente a este proceso, o sea evaluar los proyectos y las acciones para restauración, rehabilitación, prácticas sostenibles de manejo o buenas prácticas agropecuarias implementadas en la zona.





2.4 Etapa de poscampo

2.4.1 Organización de la información primaria y secundaria

Con el fin de facilitar los análisis, la información primaria y secundaria se debe organizar sistemáticamente en bases u hojas de datos, que permitan su manipulación y la generación de estadísticas. Las respuestas de las encuestas deberán ser tabuladas y organizadas por componentes (ecológico, económico, social, cultural) y según el modelo FPEIR, con el fin de realizar un análisis de las principales causas y consecuencias de la desertificación por subzonas (microcuencas, corregimientos o veredas).

La información de los talleres tiene carácter comunitario y geográfico. Las respuestas, aparte de ser sistematizadas, se ubican según la concepción del territorio de las comunidades (sectores, sitios geográficos, veredas, hitos, etc.). Esto permitirá una correlación con la información espacial biofísica y socioeco-

nómica y generar mapas de específicos de causas e impactos según los sistemas de producción y los procesos específicos de degradación de suelos que conducen a la desertificación.

2.4.2 Análisis final de causas e impactos

El análisis de la información primaria y secundaria conduce a la identificación de las causas específicas de acuerdo con los sistemas de uso, sus prácticas de producción y los procesos de degradación evidenciados. Por ejemplo, en el sistema de producción de arroz mecanizado y con riego, las causas de la degradación están relacionadas con el uso continuo de riego con aguas duras (más de 20 años), la excesiva preparación del terreno con maquinaria pesada y fertilización nitrogenada; lo cual ha conducido a la salinización, la pérdida de estructura y de retención de humedad de los suelos. Si se realiza un ejercicio con los mapas de usos de la tierra, se pueden espacializar las zonas de arroz mecanizado y de riego y se asocian

las causas y los procesos de degradación identificados. Cada sistema de uso tiene un conjunto de causas de la degradación que se manifiestan en procesos específicos.

De igual manera, se realiza el análisis de impactos con la información proveniente de las encuestas y los talleres. Las consecuencias de la desertificación, o sea la degradación de suelos, se definen en los componentes económicos, sociales y ecológicos. Algunos de ellos podrían ser espacializados haciendo correlación con los sistemas productivos o los diversos ecosistemas (biomas); sin embargo, sus resultados se ven de forma más amplia ya que afectan a la región.

Por consiguiente, el análisis conduce a concretizar de los indicadores de impacto, teniendo en cuenta la tabla del ítem 2.1.2 (capítulo C2). En la medida de lo posible, se procura asociar los impactos a unidades de análisis espacial, con el fin de crear mapas. Algunas de las unidades de análisis son: sistemas de uso, micro y meso cuencas, municipios-veredas, ecosistemas y biomas.





3. EVALUACIÓN E INDICADORES

La evaluación tiene como objetivo definir y calcular los indicadores relevantes semi-cuantitativos o cuantitativos de la problemática de la desertificación en el país y de las regiones, confrontando el estado actual de la degradación de suelos por desertificación con las causas e impactos generados. Los indicadores dan relevancia a los datos tanto para la sociedad como para la formulación de políticas. Además estos sirven para tomar decisiones y diseñar planes, porque ayudan a entender lo que está pasando con la desertificación. También conducen a los sitios y a las acciones concretas en terreno para restaurar, rehabilitar o implementar prácticas de manejo sostenible.

3.1 Generación de indicadores del estado actual de degradación de suelos por desertificación

Aparte de los indicadores de magnitud y severidad por grado, explicados en la metodología regional, se debe tener en cuenta estos mismos indicadores calculados con según la clasificación de tipo y origen. Algunos de estos indicadores son los siguientes:

- Índice de magnitud por grado (ver formulas en ítem B4.2).
Índice de magnitud por tipo, discriminado por el proceso específico (erosión, salinización, compactación o mixto).
- Índice de magnitud por origen, según su causa principal o específica (ver tabla ítem C1).
- Índice de severidad por grado.
- Índice de severidad por tipo.
- Índice de severidad por origen.

Estos indicadores calculan las unidades de análisis para la toma de decisiones o de manejo, tales como corregimiento, provincias o veredas en el caso de los municipios, microcuencas, sistemas productivos agremiados, ecosistemas o biomas, distritos de riego, áreas protegidas, entre otros.

3.2 Evaluación de indicadores de presiones de degradación de suelos por desertificación



Los indicadores de presión están relacionadas con el uso y cambios de uso de la tierra, las prácticas agronómicas, pecuarias, mineras e industriales, la deforestación y los desarrollos urbanos y en infraestructura vial, pero también con algunas condiciones naturales como climas irregulares, fragilidad de suelos, geomorfología (fuertes pendientes, depresiones) y baja densidad de la cobertura vegetal natural.

Los indicadores de presión locales se hacen con información cuantitativa y espacial, en lo posible, sobre cada una de causas directas, con base en los mapas de susceptibilidad y la zonificación de línea base de desertificación detallada, ya que posibilitan realizar cruces o análisis espaciales con las variables o factores de las causas directas e indirectas. Algunos ejemplos de indicadores de presión sobre la degradación de suelos por desertificación se presentan a continuación.

Causa directa	Indicador
Sistemas agrícolas o pecuarios en zonas no aptas	Superficie con algún grado de desertificación en zonas no aptas, por cada sistema de uso Superficie con algún tipo de desertificación en zonas no aptas, por cada sistema de uso
Exceso utilización de maquinaria agrícola o labranza	Número de cultivos mecanizados en zonas objeto de desertificación Extensión con algún grado o tipo de desertificación en zonas de cultivos mecanizados
Riego inapropiado o continuo	Superficie de zonas con sistemas riego en zonas con grados severo y muy severo por salinización
Aplicación inadecuada de fertilizantes	Área con algún grado de desertificación en zonas de cultivos que utilizan fertilizantes
Deforestación a tala rasa	Superficie por grado y tipo de desertificación en zonas de deforestación (análisis cada 5 años de los últimos 20 años)
Plantaciones forestales comercial a gran escala con pobre manejo	Número de plantaciones forestales en zonas objeto de desertificación Área con plantaciones forestales en zonas con algún grado o tipo de desertificación
Incendios forestales	Superficie de incendios forestales en zonas con algún grado de desertificación
Sobrepastoreo	Superficie en pastos y coberturas asociadas a la ganadería en zonas con grados severo y muy severo de desertificación Extensión en uso de ganadería en zonas por tipo de desertificación
Número excesivo de cabezas de ganado	Área en uso de ganadería con algún grado de desertificación en zonas con clase de terraceo y laminar por erosión
Contaminación por vertimientos sobre suelos de aguas industriales o de minería	Número de permisos de vertimientos o reusos de aguas industriales o de minería en zonas con algún grado de desertificación Superficie afectada por contaminación por vertimientos o reusos de aguas industriales o de minería en zonas con algún grado o tipo de desertificación
Construcciones urbanas en suelos con vocación agropecuaria	Superficie de territorios artificializados en zona objeto de desertificación Área en construcciones urbanas sobre terrenos con clases agrológicas I, II y III
Construcción de vías y caminos	Cantidad de longitud (km) y área (ha) de vías principales, secundarias y terciarias en zonas objeto de desertificación
Relieves extremos (pendientes muy fuertes)	Superficie en pendientes >75 % en zonas con grado de desertificación severo y muy severo
Intensidad muy alta de lluvias o tormentas	Área con algún grado de desertificación en zonas con lluvias de alta intensidad
Zonas de inundación	Zonas de inundación frecuente en áreas objeto de desertificación
Sequias extremas y variabilidad climática	Número de meses con sequía en zonas objeto de desertificación
Movimientos en masa naturales	Número de movimientos en masa en zonas con grados severo y muy severo de desertificación



Tabla 5. Ejemplos de indicadores de presiones. Fuente: elaboración propia.

Fuerza motriz	Indicador propuesto
Densidad poblacional	Porcentaje de área afectadas por desertificación de suelos por provincia, corregimiento o vereda
Tenencia de la tierra	Número de unidades productivas en arrendamiento en zonas con algún grado de desertificación por corregimiento o vereda
Nivel de pobreza	Cambios del Índice de pobreza multidimensional municipal en zonas objeto de desertificación
Nivel de educación y formación	Número de habitantes con formación superior por corregimiento o vereda en zonas objeto de objeto de desertificación
Políticas agropecuarias	Número Planes para la intensificación de sistemas agropecuarios, por vereda
	Número proyectos agropecuarios por vereda
	Cantidad de recursos económicos invertidos en desarrollos agropecuarios por vereda
Políticas y proyectos sobre infraestructura (vial, minera, industrial)	Número proyectos de vías principales y secundarias
	Número de kilómetros de vías en zonas objeto de desertificación
Créditos y subsidios	Número de créditos y subsidios en proyectos agropecuarios, mineros o industriales en zonas de afectación por desertificación.



Tabla 6. Ejemplos de indicadores de fuerzas motrices y de presión de la degradación de suelos por desertificación local. Fuente: elaboración propia.

Con respecto a los indicadores de fuerzas motrices si no es posible su espacialización, se realizan análisis estadísticos o tendencias.

3.3 Evaluación de indicadores de impactos de degradación de suelos por desertificación

La degradación de tierras por desertificación produce unas consecuencias sobre diversos factores de los componentes económico, social, cultural y ecológico. Los impactos primarios de ven reflejados sobre las funciones y servicios ambientales, ya que luego inciden en la economía rural, en especial, sobre la afectación de la producción agropecuaria, finalmente,

sus efectos repercuten en las relaciones sociales y culturales, incluso en los desplazamientos y la pobreza.

Los indicadores de impacto se trabajan por medio de estos componentes y los principales factores afectados. En muchos casos, las variables utilizadas generan debate o controversia si son impactos o causas de la desertificación, pero algunos de ellos funcionan de ambas maneras. La forma de evaluar o calcular el indicador es en relación con el que determina su impacto.

De acuerdo con la identificación de los impactos de la desertificación definidos en el capítulo anterior, se plantea una serie de indicadores útiles para evaluar la magnitud de los efectos de la desertificación. En la siguiente tabla se presentan algunos ejemplos de estos indicadores.



Nariño, Cundinamarca.

Componente	Tipo de impacto	Indicador
Ecológico	Pérdida de productividad primaria neta	Cambios en la productividad primaria neta (biomasa) debida a cambios de cobertura en zonas afectadas por la desertificación por bioma y microcuenca
	Pérdida de materia orgánica (carbono orgánico del suelo)	Cambios en el contenido de carbono orgánico por cada unidad de suelos en zonas con grados severo y muy severo de desertificación
	Pérdida de fertilidad o nutrientes	Cambios en los contenidos de macronutrientes y micronutrientes 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 a transformadas por bioma y microcuenca, en zonas objeto de desertificación
	Cambios en la dinámica hídrica del suelo (infiltración, conductividad hidráulica)	Disminución de la infiltración por unidad de suelos en zonas con grado severo y muy severo de desertificación
		Cambios en la conductividad hidráulica por cada unidad de suelos, en zonas con algún grado de desertificación
	Cambios en los contenidos de humedad del suelo (capacidad de campo, punto de marchitez)	Disminución del agua útil por unidad de suelos en zonas con grado severo y muy severo de desertificación
		Cambios en los valores de capacidad de campo o punto de marchitez por unidad de suelo
Pérdida de biodiversidad	Disminución de número de especies por bioma en las zonas objeto de desertificación, por bioma y microcuenca Disminución de las poblaciones en especies vulnerables por bioma en zonas objeto de desertificación, por bioma y microcuenca	
Afectación de áreas protegidas y prioritarias para la conservación	Superficie de áreas protegidas afectadas por algún grado de desertificación	
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 costos de producción	Aumento en los costos de producción de los principales cultivos en zonas afectadas por algún grado de desertificación
		Cambios en los ingresos percibidos por las actividades agropecuarias
Afectación en áreas de vocación agrícola, ganadera	Superficie afecta por la desertificación en suelos clases I, II, III	
Sociocultural	Conflictos territoriales	Aumento en la sobreexplotación de las tierras en zonas objeto de desertificación
	Seguridad y autonomía alimentaria	Número de especies alimenticias en la canasta familiar
	Cambios en el valor de la tierra	Disminución del valor de las tierras en zonas con severidad de la desertificación



Tabla 7. Ejemplos de indicadores de impactos.
Fuente: elaboración propia.

3.4 Evaluación de indicadores de respuesta a la degradación de suelos por desertificación

Los indicadores de respuesta, a nivel local, se relacionan con todas las acciones o proyectos realizados en el terreno para controlar o revertir el proceso de desertificación en la zona de estudio. Estos se calculan por medio de la cantidad de proyectos, inversiones o acciones implementados o formulados en la zona local, ya que provienen de las instituciones, ONG,

gremios, productores, campesinos o la sociedad civil, cuya finalidad es la restauración, rehabilitación, conservación de los recursos naturales o buenas prácticas para el manejo sostenible de suelos.

Algunos ejemplos de indicadores de respuestas a la desertificación:

- Número de proyectos de restauración ecológica, por bioma y microcuenca.
- Superficie restaurada o rehabilitada por bioma, microcuenca o sistema productivo.
- Área reforestada o revegetalizada en zonas con algún grado de desertificación.
- Número de proyectos en manejo sostenible de suelos.
- Número de prácticas de MST implementadas.
- Cantidad de inversión en proyectos de rehabilitación de suelos.
- Normas sobre conservación y uso del suelo, a nivel municipal.
- Incorporación de temas para el control de la desertificación en instrumentos de planificación territorial o agropecuaria.
- Número de áreas protegidas para el manejo de suelos.

D

Recomendaciones y lineamientos

1.	Recomendaciones para la planificación e implementación del protocolo	175
1.1	Planificación inicial	175
1.2	Recomendaciones para la fase de zonificación	178
1.3	Recomendaciones para las fases de precampo y trabajo de campo	180
2.	Recomendaciones y lineamientos para el monitoreo y el seguimiento de la degradación de suelos por desertificación	187
2.1	Levantamiento temporal de datos	187
2.2	Levantamiento espacial de datos	188
2.3	Indicadores de monitoreo y seguimiento de la degradación de suelos por desertificación	188
2.4	Sistema de Monitoreo y Seguimiento para la Degradación de los Suelos en Colombia - SIMSES	190
3.	Lineamientos para el control y manejo de la desertificación	193
3.1	Manejo sostenible suelos y tierras	196
3.2	Buenas prácticas para el uso sostenible de suelos	194
3.3	Medidas de adaptación a la desertificación relacionadas con cambio climático	199



Guatavita, Cundinamarca.

PROTOCOLO PARA LA IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE SUELOS POR DESERTIFICACIÓN



1. RECOMENDACIONES PARA LA PLANIFICACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOCOLO

1.1 Planificación inicial

Las actividades preliminares, antes de la ejecución del protocolo, de planificación y organización de los trabajos para la implementación se consideran de suma importancia para garantizar el éxito de la zonificación y evaluación de la degradación de suelos por desertificación. Estas consisten en definir los principios rectores del trabajo y el alistamiento del personal, materiales y presupuesto de cada una de las fases. A continuación, se presentan algunas recomendaciones que serán útiles.

1.1.1 Principios para la implementación del protocolo

La implementación de las actividades se debe regir por algunos principios rectores, los cuales ayudarán a la toma de decisiones en el transcurso de su ejecución.

Metodología participativa que involucre actores (comunitarios, etnias, organizaciones, gremios, instituciones, academias, otros) en sus diferentes escalas (local, regional, nacional e internacional), siempre en búsqueda de la retroalimentación para ajustar procesos y metodologías a los contextos particulares de cada escala y lugar.

Conocimiento y experiencia práctica de los actores locales, quienes conocen las causas e impactos de la desertificación.

Enfoque ecosistémico, haciendo énfasis en las funciones y servicios de los suelos, relacionados con la degradación de suelos y valorando sus impactos.

Trabajo multi e interdisciplinario que contribuya a la comprensión integral de los procesos, causas, impactos y respuestas a la desertificación.

Flexibilidad de la metodología es una premisa en el sentido propositivo, ya que se adapta o se ajusta a las fases, etapas y actividades, según los contextos particulares de cada región.

Principios científicos sólidos, cuyas teorías expliquen la realidad y conduzcan a la investigación sobre tecnologías requeridas, produciendo métodos y procedimientos simples y accesibles, pero a su vez lo suficientemente rigurosos.

Control de calidad permanente es una tarea prioritaria en cada una de los productos intermedios y finales, este afina cada vez los puntos de controversia o duda.

Implementación a diferentes escalas depende de la experiencia de los profesionales, de las voluntades políticas y de la asignación de recursos e insumos; por ello se debe evaluar la calidad de los datos producidos, con el fin de estandarizar los resultados para que sean comparables en lo local, regional, nacional e internacional.

Principio de precaución prima en la toma de decisiones en cada una de las actividades y productos, en particular, teniendo en cuenta la sensibilidad del tema de degradación y desertificación.

1.1.2 Recurso humano requerido

La implementación del protocolo requiere contar con un equipo humano multidisciplinario de profesionales y técnicos expertos en desertificación, degradación de tierras, suelos, medio ambiente, actividades agropecuarias y dinamismo del territorio, entre otros. Los conocimientos y la experiencia permiten relacionar los procesos de degradación de suelos con sus causas y consecuencias, lo cual implica la comprensión de las problemáticas socioculturales y económicas.

En este sentido, la integración de temas sociales y ecológicos es necesaria para comprender las dinámicas de los ecosistemas y su relación con las funciones y servicios de los suelos, además sus efectos sobre la comunidad y la sociedad. Este equipo debe tener condiciones de liderazgo, coordinación, programación, movilización de recursos y promover la participación de los actores a sus diferentes niveles (local, regional, nacional e internacional).

Es recomendable que los profesionales del equipo de trabajo cuenten con experiencia en los siguientes temas:

- Desertificación y degradación de tierras en zonas secas.
- Suelos: levantamientos edafológicos (descripción de suelos en campo y toma de muestras de suelos), génesis, taxonomía, relaciones hídricas. Procedimientos químicos y físicos de laboratorio en muestras de suelos e interpretación de resultados.
- Uso de la tierra, sistemas de producción y prácticas agronómicas en el manejo de cultivos y ganadería.
- Ecología: dinámicas ecosistémicas, biodiversidad y funciones y servicios ambientales, con énfasis en suelos.
- Análisis y evaluación de problemáticas ambientales y socioculturales, relacionadas con la desertificación.
- Manejo e implementación de sistemas de información geográfica, cartografía y sensores remotos.
- Comprensión de las políticas nacionales y convenios internacionales relacionados con el manejo y conservación de las tierras y suelos.
- Apoyos en la parte logística, jurídica y administrativa.

El equipo mínimo de trabajo deberá estar conformado por:

- Un coordinador del grupo de trabajo, experto en desertificación y los procesos de degradación de suelos y tierras. Es importante que el profesional tenga la capacidad para integrar y comprender las relaciones entre la desertificación y los componentes social, económico y ecológico, así como con las actividades de la región.
- Un líder de la fase de zonificación con experiencia en suelos y temas biofísicos, con capacidad para integrar las dinámicas ecológicas del territorio y, preferiblemente, conocimientos de sistemas de información geográfica.

Un líder de la fase análisis causas y consecuencias, con experiencia en temas de uso de la tierra (agricultura, ganadería, minería, urbanos) y socioeconómicos, y en los procesos de degradación de suelos con las actividades humanas y las dinámicas del territorio.

Un líder para la fase evaluación e indicadores, con experiencia en estadística y generación de indicadores para el monitoreo, que logre evidenciar la problemática a través de cifras y la lectura de los tomadores de decisiones.

Profesionales expertos en suelos y desertificación, con experiencia en metodologías de levantamiento de campo, interpretación de análisis de laboratorio, cartografía de suelos, cobertura y sensores remotos.

Profesionales con formación en análisis de problemáticas agropecuarias, ambientales y socioculturales, con énfasis en aspectos rurales.

Profesionales con formación en cartografía y sistemas de información geográfica, con experiencia en el manejo e implementación de cartografía digital, de herramientas de SIG y de sensores remotos.

Profesionales de apoyo (pasantes, tesis, recién egresados) de diversas profesiones relacionadas con los anteriores ítems, para que apoyen el trabajo de base para la generación de procesos de análisis en desertificación, suelos, aspectos socioeconómicos, uso de la tierra, cartografía, SIG, entre otros.

Técnicos o auxiliares de apoyo, con formación en temas agronómicos, biológicos, ambientales, químicos y socioculturales.

Profesionales o técnicos de apoyo a los temas administrativos, jurídicos y logísticos.



En la siguiente tabla se presenta una propuesta de conformación de un equipo de trabajo.

Recurso humano	Planeación inicial	Zonificación	Análisis de causas e impactos	Evaluación e indicadores
Coordinador y líderes de fases	X	X	X	X
Profesionales expertos en degradación de suelos		X		X
Profesionales expertos en el análisis y la evaluación de los procesos de degradación de suelos por desertificación		X	X	X
Profesionales expertos en el área social – Análisis y evaluación socioeconómica y cultural relacionada con desertificación			X	X
Profesional en control de calidad		X		X
Profesional experto en sistemas de información geográfica	X	X	X	X
Profesional para el apoyo del componente administrativo y logística	X	X	X	X
Asistentes SIG		X	X	X



Tabla 1. Conformación del equipo de trabajo por fases del protocolo .
Fuente: elaboración propia.

1.1.3 Equipos, materiales e insumos

Los equipos y materiales requeridos para la implementación de este protocolo son de diversos tipos según las actividades desempeñadas, bien sea en oficina, en laboratorio, en trabajos de campo o en talleres en las zonas rurales. Estos insumos permitirán un mejor desempeño y eficiencia en la ejecución de las fases, etapas y actividades del protocolo.

Los principales equipos, materiales e insumos requeridos se enuncian a continuación:

- Puestos de trabajo en oficina, equipados con su escritorio, silla y acceso a energía e internet.
- Juego amplio de computadores de escritorio y portátiles, algunos servidores con alta capacidad para soportar los análisis de cartografía digital, instalar los softwares y gran capacidad de almacenamiento de datos.
- Varias cámaras fotográficas y de video para documentar las observaciones en campo.

- Al menos una grabadora de voz para las reuniones, conversatorios y talleres.
- Un juego de navegadores GPS para tomar la ubicación geográfica de las observaciones en campo.
- Uno o varios drones para tomar imágenes de sectores de alta importancia para el estudio.
- Software de edición de documentos, estadísticas, manejo de imágenes e ilustraciones.
- Software de sistemas de información geográfica y procesamiento de sensores remotos.
- Equipos de campo: equipo para toma de muestras de suelo indisturbadas, pala, barreno, bolsas, pHmetro, conductímetro, tabla Munsell, equipo multiparámetro.
- Equipo de laboratorio para análisis de suelos, reactivos y equipos para análisis químico, físico y biológico.
- Impresoras, plotter, papel de impresión.
- Discos duros para almacenamiento de información de gran capacidad.
- Cartografía base a distintas escalas (1:100.000, 1:25.000, etc.).

1.1.4 Costos estimados para la ejecución

Los costos de implementación del presente protocolo dependen de diferentes factores, entre los que se encuentran:

- El área de estudio.
- El nivel de análisis y la escala cartográfica de trabajo y de salida.
- Las condiciones y la infraestructura del área.
- La calidad y la cantidad de la información existente.
- El tiempo disponible de ejecución.
- Los recursos logísticos, económicos y humanos.

Teniendo en cuenta la aplicación y validación de este protocolo, se ha elaborado una tabla de referencia acerca de los costos aproximados por kilómetro cuadrado para la implementación de esta metodología y para el desarrollo de una línea base y/o monitoreo para una unidad de análisis según las necesidades y condiciones particulares del estudio.

Con el fin de calcular el costo aproximado de implementación de este protocolo, se selecciona primero la escala de trabajo. Esta define un índice que se debe multiplicar por el valor del salario mínimo del año en el que el proyecto se va a ejecutar. El resultado de esta operación es el valor aproximado por kilómetro cuadrado, el cual se deberá multiplicar por la cantidad de kilómetros cuadrados que tenga el área en la que se va a trabajar (municipio, departamento, zona hidrográfica, región) (ver Tabla 2).



Los insumos, la logística, el personal, la cantidad de talleres y reuniones, la calidad y cantidad de imágenes, la información primaria y secundaria, así como los demás elementos necesarios para el desarrollo de un proyecto de estas características dependen del nivel de detalle de la escala de trabajo. Las características de cada estudio hacen que una estrategia o herramienta, la cantidad de trabajos de campo, el uso de drones u otros artefactos, el perfil profesional del equipo y demás elementos sean determinados por la necesidad particular de los objetivos de cada proyecto.

Nivel de estudio	Escala	Presupuesto estimado (smlv/km ²)
Nacional	1:100.000	0,05–0,1
Regional	1:25.000–1:100.000	0,1–0,3
Local	1:10.000–1:25.000	0,3–1,0



Tabla 2. Presupuesto estimado por km², según el nivel de análisis
Fuente: elaboración propia.

La distribución por rubro de los costos del proyecto puede variar de acuerdo con el nivel de estudio y algunos de los factores mencionados. Una aproximación a la distribución de los costos por grandes rubros, en términos proporcionales, se presenta en la siguiente tabla.

Rubro general	% (rango)
Recursos humanos	55-65 %
Recursos físicos	20-30 %
Trabajos de campo	10-15 %
Laboratorio	3-8 %



Tabla 3. Distribución del presupuesto según los grandes rubros.
Fuente: elaboración propia.

1.2 Recomendaciones para la fase de zonificación

La zonificación de la degradación de suelos por desertificación considera una serie de actividades donde se toman decisiones de cartografía, uso de sensores remotos y salidas gráficas para los informes y reportes. A continuación, se describen algunas recomendaciones para el uso de estas herramientas.

1.2.1 Cartografía base, escalas de trabajo y salidas gráficas

Es necesario el uso de la cartografía base oficial de Colombia con todos sus elementos constitutivos. La entidad encargada de elaborar la cartografía base es el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). Esta cartografía incluye centros poblados, vías, ríos, curvas de nivel, cuerpos de agua, entidades territoriales (departamentos, municipios, corregimientos) y los topónimos (nombres locales).

La escala del mapa se define como la relación de proporcionalidad que existe entre una distancia medida en el terreno y su correspondiente medida en el mapa, esta también determina la cantidad de detalle que debe mostrarse (IGAC, 2015). Las escalas oficiales de trabajo que ha definido el IGAC se dividen en tres grupos (categorías):

- Escala pequeña: 1:500.000 y menores, empleadas para el planeamiento general y estudios estratégicos: 1:100.000, 1:250.000, 1:500.000.
- Escala mediana: Más grandes que 1:100.000 y más pequeñas que 1:5.000. Se emplean para el planeamiento más detallado: 1:10.000, 1:25.000, 1:50.000.
- Escala grande: Iguales y mayores a la escala 1:5.000, empleadas para usos urbanos, técnicos y administrativos.



Las escalas estándar de los mapas topográficos son las siguientes: 1:100.000, 1:25.000 y 1:5.000.

Para los diferentes niveles de análisis de la zonificación de la degradación de suelos por desertificación, se recomiendan las siguientes escalas:

- Nacional: 1:100.000-1:500.000.
- Regional: 1:25.000-1:100.000.
- Local: 1:5.000-1:25.000.

Las salidas gráficas son los formatos de representación cartográfica de los resultados finales, se recomienda tener en cuenta la grilla de distribución de planchas del IGAC. En la siguiente tabla se presentan los formatos y escalas según el nivel de análisis.

Nivel de análisis	Escala de salida	Formatos
Nacional	1:100.000, 1:500.000	Temático + topográfico
Regional	1:100.000, 1:50.000	Temático + topográfico + modelo de terreno
Local	1:10.000, 1:25.000	Temático + topográfico + modelo de terreno + imagen



Tabla 4. Distribución del presupuesto según los grandes rubros.
 Fuente: elaboración propia.



1.2.2 Uso de sensores remotos

Las imágenes de sensores remotos es una herramienta fundamental para la elaboración de cartografía temática. En el caso de la degradación de suelos por desertificación contribuye en la confrontación y validación de los productos de susceptibilidad y zonificación de línea base, de la revisión y ajuste de los insumos temáticos (uso de la tierra, procesos específicos de degradación), pero su mayor aprovecha-

miento está en el apoyo para los trabajos de campo. El procesamiento digital de las imágenes identifica los sitios y las zonas con problemas de desertificación (ver ejemplos figuras 1 y 2).

Con respecto a la selección de las imágenes de los sensores remotos, se deben tener en cuenta el nivel de detalle del estudio y las características técnicas del producto (resoluciones). En la Tabla 5 se realizan algunas recomendaciones básicas al respecto.

Nivel de detalle	Resolución espacial	Resolución espectral	Resolución temporal
Nacional	De 30 a 15 m	Espectro visible	Intervalos de revisita en periodos húmedos y secos Según la línea temporal de la información secundaria
Regional	De 15 a 5 m	Espectro visible y región del infrarrojo	Intervalos de revisita en periodos húmedos y secos, con mayor nivel de detalle Según la línea temporal de la información secundaria, de acuerdo con las condiciones del periodo de trabajo en campo
Local	Menor a 5 m	Espectro visible y región del infrarrojo	Intervalos de revisita en periodos húmedos y secos, con intensidad no mayor de 10 días Acorde con el momento y las condiciones del periodo de trabajo en campo



Tabla 5. Características de las imágenes de sensores remotos según nivel de análisis
Fuente: elaboración propia.

El uso de sensores remotos puede considerarse en tres momentos particulares de la fase de zonificación:

- Antes de realizar trabajos de campo (precampo): Se requiere una logística inicial que acerque las visitas a aquellas zonas en donde se prevé encontrar procesos de desertificación en suelos. Esta planeación del recorrido y la priorización de los puntos de interés pueden ser orientadas por las imágenes de satélite, las cuales permiten observar e interpretar la cobertura de la Tierra y relacionarla con capas de variables biofísicas (clima, relieve, suelo, entre otros).
- Durante los trabajos de campo: es necesario acceder a los transectos y puntos de muestreo definidos con anterioridad, la validación de las delimitaciones y calificaciones de las unidades de desertificación, la reubicación y localización de nuevos sitios de verificación y la actualización de mapas temáticos.
- En el análisis de la experiencia e información que se obtiene en campo (poscampo): Los profesionales que interpretan las imágenes satelitales pueden correlacionarse con los resultados de las muestras y observaciones para buscar patrones en el comportamiento de los procesos de desertificación.

1.3 Recomendaciones para las fases de precampo y trabajo de campo

Los trabajos de campo son la actividad más importante dentro del protocolo ya que contribuyen en la validación de la zonificación preliminar y permiten tomar muestras representativas. Además, en esta etapa tienen lugar los procesos de socialización, la captura de información primaria y la validación de la información secundaria.

1.3.1 Actores, contactos y permisos

En cuanto a la eficacia de los trabajos de campo es posible lograrla con base en el compromiso de los actores locales. Es importante identificar los principales actores regionales y locales, además elaborar una base de datos con su nombre, cargo, dirección, correo electrónico y teléfonos de contacto. En este sentido, es oportuno realizar cartas oficiales que presenten el proyecto y las actividades a desarrollar en la región definida, también una presentación de los profesionales encargados de los trabajos de campo.

Adicionalmente las acciones previas prepararan el terreno para los trabajos de campo, pues son el puente de contacto con los habitantes de la zona, productores o propietarios de los predios próximos a visitar o donde se van a tomar muestras. Por consiguiente, las instituciones regionales y locales deben acompañar este proceso, ya que tienen el conocimiento local sobre los problemas ambientales, los suelos o las actividades relacionadas con este problema.

En campo, se requiere comunicación directa con los propietarios o productores de las zonas donde se ha planificado realizar el sistema de muestreo. Se deben pedir los permisos respectivos, antes de

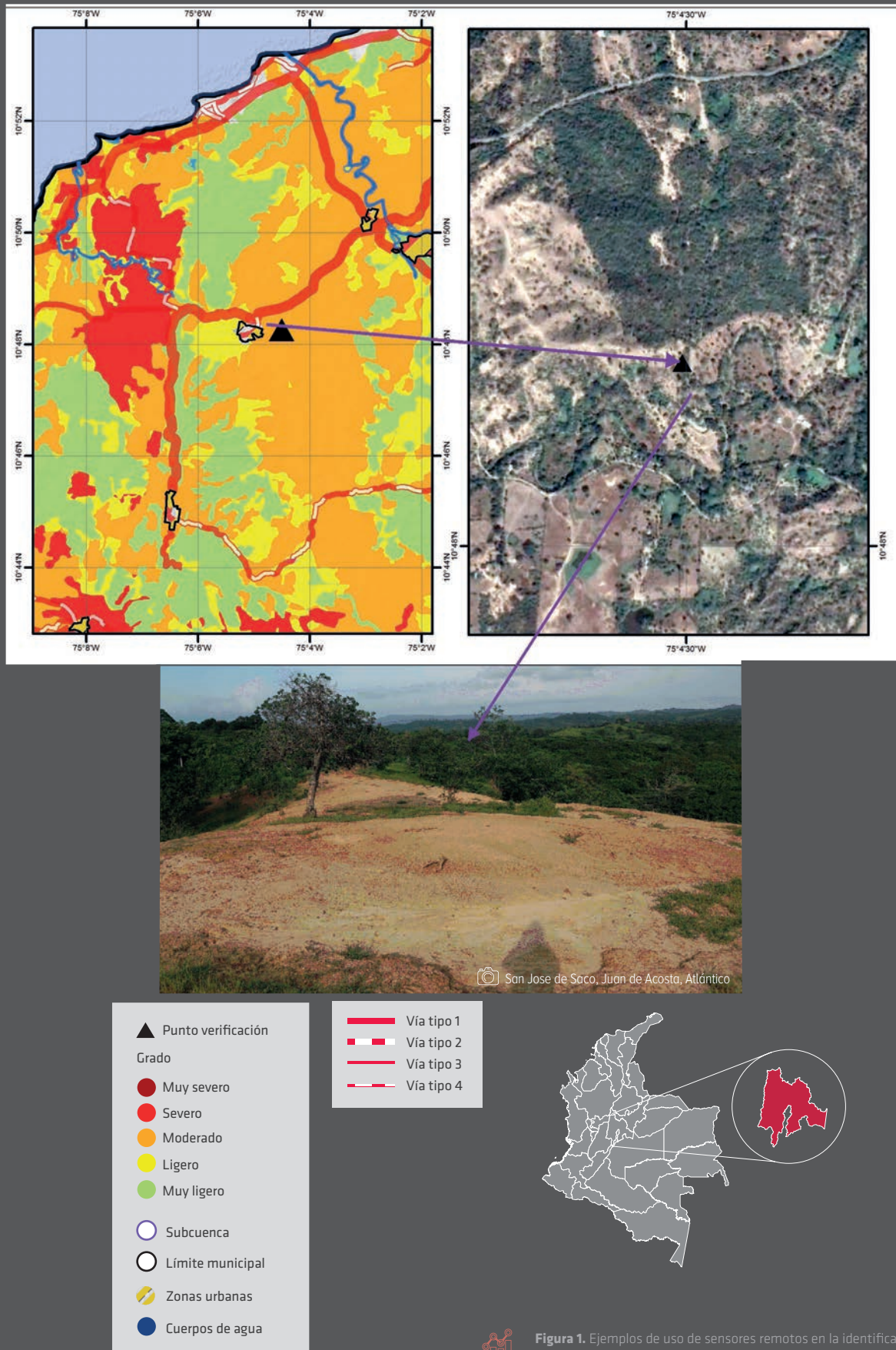
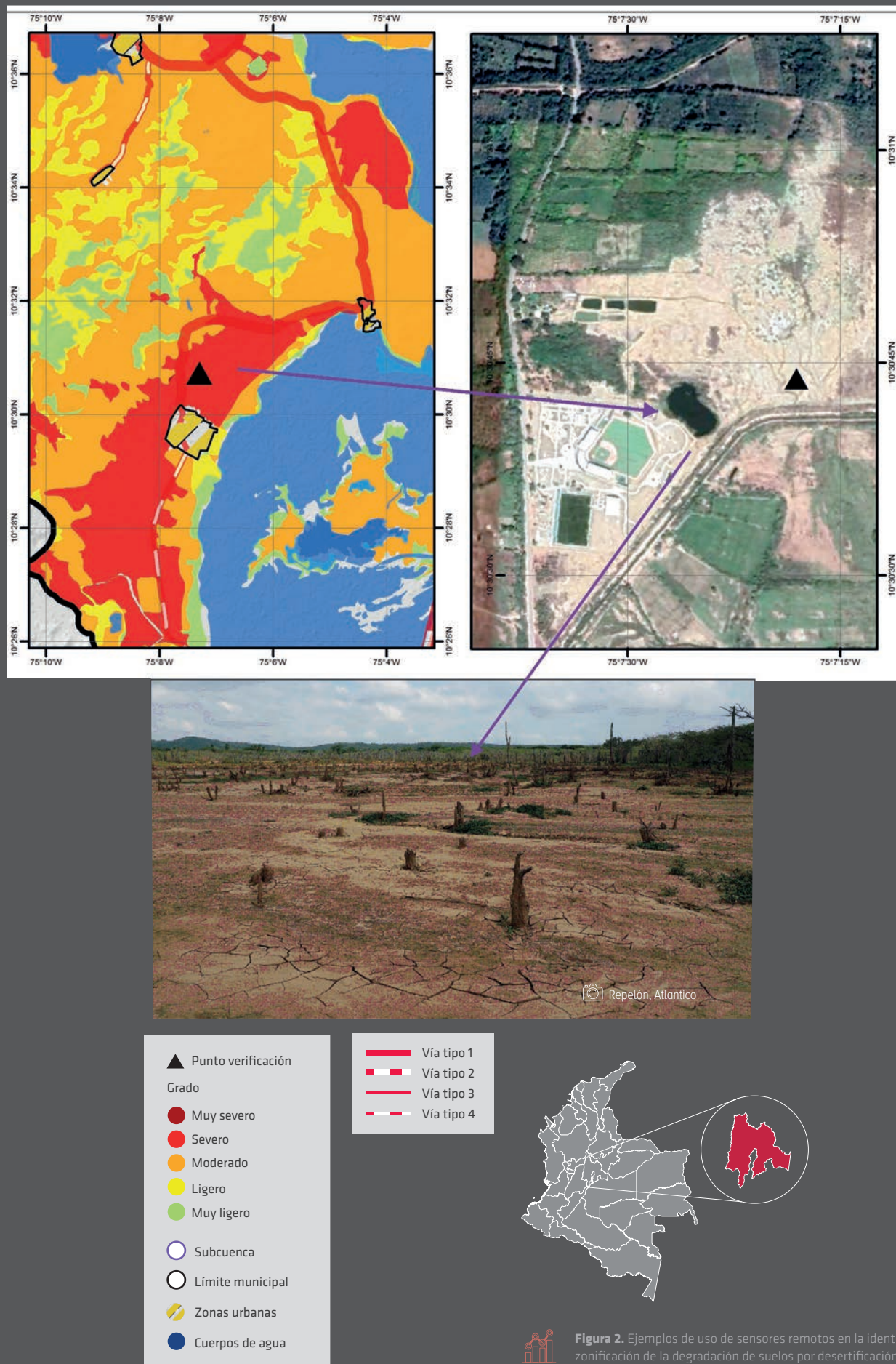


Figura 1. Ejemplos de uso de sensores remotos en la identificación y zonificación de la degradación de suelos por desertificación. Fuente: Elaboración propia.





ingresar o de hacer alguna actividad en los predios. Es importante explicar claramente en qué consiste el trabajo y para qué se toman muestras del suelo. Contribuye mucho una buena conversación con ellos, se obtiene información sobre el historial de usos de la tierra y sus prácticas de producción, también se conoce su percepción acerca de los impactos de la desertificación. De este modo dichos actores podrán involucrarse y reconocer la problemática y la necesidad de hacer esta clase de estudios y tomar acciones para su control.

Los actores institucionales así como los particulares podrán conformar un nodo de comunicación permanente sobre la dinámica de los procesos de degradación de suelos por desertificación. Asimismo, pueden formar una red para establecer monitoreo y seguimiento de esta problemática, con el fin de aportar información y datos de forma periódica y ordenada.

1.3.2 Diseño estadístico para el muestreo

El objetivo del muestreo es obtener información acerca de las variables que intervienen en el proceso de desertificación, a partir de la susceptibilidad y la zonificación. Dadas las características de este tipo de estudios, es conveniente hacer el diseño muestral de conglomerados (Explorable, 2018) en dos etapas:

- ① Una en la que se escogen los conglomerados.
- ② Otra en la que se define el número de individuos dentro del conglomerado, según las categorías del grado de la salinización.

El muestreo por conglomerados es una técnica que aprovecha la existencia de grupos en la población que representan correctamente el total de esta en relación con la característica que se quiere

medir (transectos). De esta manera, se pueden seleccionar únicamente algunos de estos conglomerados para realizar el estudio.

El muestreo tiene como finalidad determinar qué parte de una realidad en estudio (población o universo-N) debe examinarse con el propósito de hacer inferencias o generalizar conclusiones sobre el total de la población. Así, obtener

Grado	Ventana 1	%	Ventana 2	%
	Área/Has		Área/Has	
Muy ligero	24.671,2	70,8	59.572,0	71,7
Ligero	4.630,5	13,3	10.756,2	12,9
Moderado	4.113,9	11,8	6.815,0	8,2
Severo	952,3	2,7	1.505,7	1,8
Muy severo	251,0	0,7	104,2	0,1
No suelo	238,8	0,7	4.353,2	5,3
	34.857,8	100,0	83.136,2	100,0



Tabla 6. Ejemplo de distribución del área según grados de zonificación degradación por desertificación

Tomando en cuenta la información disponible sobre las hectáreas de la zona de trabajo señalada en la tabla anterior, se observa a nivel acumulado una gran aglomeración en el grado muy ligero (70,8 y 71,7 %, respectivamente). Por consiguiente, se puede optar por un diseño muestral de conglomerados en dos etapas, centrado en los grados de desertificación.

El tamaño de la muestra se determina teniendo en cuenta los siguientes factores:

- Teóricos, tamaño de la población, grado de confianza, error de la muestra y probabilidad de que se produzca el evento de estudio.
- Logísticos.
- Geográficos.
- De costos.
- De localización.
- De disponibilidad de información (en cuanto a las hectáreas y sus grados de susceptibilidad a la salinización).

El tamaño de la población o universo (N) se reconoce por su carácter finito, es decir, constituido por un determinado o limitado número de elementos o unidades (en este caso, hectáreas). Por lo general, se trata de una población relativamente pequeña, menor a 100.000 elementos. Para estudios de procesos de salinización, se sugiere determinar N mediante la siguiente expresión:

$$n = \frac{N * Z^2 * \hat{P} * \hat{Q}}{(N - 1) * E^2 + Z^2 * \hat{P} * \hat{Q}}$$

N: Tamaño de la muestra.

Z: Nivel de confianza.

\hat{P} : Probabilidad de que ocurra el evento de estudio.

\hat{Q} : Probabilidad de que no ocurra el evento de estudio.

E: Margen de error.

Se pueden tomar varios niveles de confianza asociados a distintos márgenes de error y, dado que se desconoce el

valor de la varianza poblacional (situación muy habitual en la práctica), se recurre al equivalente de esta como supuesto más desfavorable: que ambas probabilidades (p y q) presenten un valor de 0,50. Esto, aunque implica una muestra de mayor tamaño, reduce las posibilidades de equivocación en la estimación de los parámetros poblacionales correspondientes a las variables en estudio. La Tabla 7 muestra un ejemplo de tamaños muestrales de hectáreas.

Posteriormente, se procede a seleccionar las hectáreas en el interior de los conglomerados definidos a través de un muestreo probabilístico. Para esto se debe distribuir espacialmente la muestra dentro de cada zona de estudio, bien sea de manera aleatoria o sistemática.

1.3.3 Estimación de la precisión de la zonificación

Con el fin de definir la precisión del mapa de zonificación final de la degradación de suelos por desertificación es recomendable realizar un ejercicio estadístico. Para ello, se calcula la confirmación de un número determinado de polígonos por medio de la verificación de campo o de otro medio más detallado como fotografías aéreas o imágenes de satélite. Se realiza el cálculo ponderado considerando los tres criterios de evaluación: codificación, delimitación temática y nivel de detalle. El propósito es confirmar una muestra representativa de unidades espaciales con respecto a la realidad del terreno, la cual debe ser al menos del 85% en su revisión.

La precisión se define como “la proximidad entre las indicaciones o los valores medidos obtenidos en mediciones repetidas de un mismo objeto, bajo condiciones especificadas”. Se puede expresar numéricamente mediante medidas de dispersión tales como desviación típica, variancia o coeficiente de variación.

Aunque existen varios métodos para el cálculo de la precisión de los mapas temáticos, se propone el sugerido por el programa Globe (Global Learning and Observations to Benefit the Environment, 2003) debido a su sencillez para su aplicación. Este consiste en:

- Seleccionar al azar un número representativo de sitios o puntos de control en el mapa.
- Visitar en campo los sitios seleccionados y verificar la codificación o ca-


lificación de la desertificación. En caso de no poder realizar la visita en campo a todos los puntos debido a la accesibilidad o a costos, se podrá verificar por medio de fotografías aéreas u otras imágenes de sensores remotos de mejor resolución de la misma época o similar.

- Crear un cuadro comparativo de las clasificaciones de mapas y los datos de validación de los sitios de muestreo (ver Tabla 8), donde define la igualdad o diferencia de la información.
- Estimar cuántos puntos corresponden a la calificación del mapa y cuántos puntos son diferentes.

La selección de la muestra debe ser al azar y debe corresponder entre 1 % y 5 % del número de unidades o polígonos.

N= 83.136,2 ha				
Nivel de confianza - NC -	Margen de error E	Tamaño muestral	Margen de error E	Tamaño muestral n
90 %	5 %	270	2,5%	1.069
95 %		382		1.509
97,5 %		499		1.960
99 %		658		2.572

N= 34.857,8 ha				
Nivel de confianza NC	Margen de error E	Tamaño muestral	Margen de error E	Tamaño muestral n
90 %	5 %	269	2,5 %	1.050
95 %		380		1.472
97,5 %		495		1.898
99 %		651		2.466

 **Tabla 7.** Ejemplo de tamaños de muestra para la ventana 1 y 2 según diferentes niveles de confianza y márgenes de error. Fuente: elaboración propia.



Sitio	Código del mapa	Código del punto de control-validación	Diferencias
1	Ligera	Ligera	✓
2	Moderada	Severa	X
3	Severa	Severa	✓
4	Ligera	Ligera	✓
5	Moderada	Moderada	✓
6	Moderada	Moderada	✓
7	Severa	Severa	✓
8	Ligera	Moderada	X
9	Moderada	Moderada	✓
10	Muy severa	Muy severa	✓

Tabla 8. Ejemplo de comparación de datos del mapa y verificación en campo en puntos de control.
 Fuente: elaboración propia.

Considerando el ejemplo presentado en la tabla anterior, de 10 puntos de verificación de información, 8 fueron iguales y 2 fueron diferentes. Con esta información se puede realizar el cálculo de la precisión del mapa de la siguiente manera:

$$\text{Precisión} = \left(\frac{\text{N.º iguales}}{\text{total puntos}} \right) * 100 = \left(\frac{8}{10} \right) * 100 = 80 \%$$

El número de puntos de control es importante porque se puede definir de distintas maneras, empleando métodos estadísticos de acuerdo con la representatividad de cada una de las categorías del mapa y su distribución espacial.





2. RECOMENDACIONES Y LINEAMIENTOS PARA EL MONITOREO Y SEGUIMIENTO DE LA DEGRADACIÓN DE SUELOS POR DESERTIFICACIÓN

El monitoreo y seguimiento del proceso de degradación de suelos por desertificación requiere capturar información con distribución espacial; en cuanto al nivel temporal, esta permite adelantar el control y uso sostenible de los suelos. A continuación, se describen los lineamientos para el levantamiento de información a nivel espacial y multitemporal, así como los indicadores de seguimiento.

2.1 Levantamiento temporal de datos

En relación con el monitoreo y seguimiento de la degradación de suelos por desertificación se requiere el levantamiento temporal de los datos o la información que permita identificar los cambios (en particular negativos) sobre la clasificación de tipo, grado y clase de desertificación.

- La temporalidad de los levantamientos para el monitoreo depende de las necesidades para atender este problema según los niveles de análisis (ver Tabla 9):
- La problemática local requiere mayor atención; por lo tanto, se realiza de forma periódica: al menos una vez al año.
- A nivel regional, se acudirá a una red de monitoreo interactores; es decir, los distintos actores deberán participar con datos espaciotemporales. 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 nacional, el monitoreo se realiza al menos cada 10 años, considerando una red que compile la información local y regional; esta se complementa con el levantamiento de información adicional, según la distribución de los sitios de muestreo espacial.

Nivel de análisis	Escala de trabajo	Temporalidad del monitoreo	Observaciones
Nacional	1:100.000-1:500.000	Al menos cada 10 años	Consolidación de datos red y generalización nacional
Regional	1:25.000- 1:100.000	Al menos cada 5 años En zonas de uso intensivo, cada año	Consolidación de datos red y observatorio entidades regionales y locales
Local	1:5.000-1:25.000	Una vez al año En zonas de uso intensivo, en cada práctica de producción, en zonas de uso de minería y turístico	Consolidación de datos red y observatorio de entidades locales
Finca o unidad productiva	Según tamaño	Sistema de monitoreo permanente	Observaciones directas e indirectas Toma de datos, según prácticas de manejo Ejemplo: después de cada riego o de cada fertilización



Tabla 9. Temporalidad del monitoreo según los niveles de análisis. Fuente: elaboración propia.

2.2 Levantamiento espacial de datos

El levantamiento de información es importante para el monitoreo y seguimiento de la degradación de suelos por desertificación. La distribución espacial de los datos deberá ser lo más representativa posible, considerando las unidades de desertificación, de tal manera que los resultados se puedan extrapolar de forma asertiva a las unidades que no se han muestreado.

En la línea base, se hace un sistema de muestreo que abarque al menos el 10 % de la superficie del área de trabajo y el 50% de las unidades de grado de desertificación, con el fin de que la calificación final de las unidades tenga validez estadística.

En cuanto al proceso de monitoreo, es necesario realizar un diseño de muestreo que incluya:

- Las unidades que se muestrearon para elaborar la línea base,
- Las unidades donde se han presentado cambios de uso
- Donde se considere o presuma que se han presentado afectaciones por procesos de desertificación, bien sea

por reportes de productores o funcionarios locales o bien porque se hayan identificado por medio de sensores remotos u otro tipo de información.

La información se debe comparar de forma espacial de tal manera que se detecten los cambios positivos o negativos en los procesos de degradación de suelos dominantes, con el fin de realizar una nueva calificación del problema y definir las causas de la degradación por desertificación.

2.3 Indicadores de monitoreo y seguimiento de la degradación de suelos por desertificación

Con respecto a los indicadores de monitoreo se deben centrar en los cambios temporales sobre los las distintas clases y categorías utilizadas en la línea base de degradación de suelos por desertificación. Los análisis para el seguimiento permiten medir o estimar los indicadores de FPEIR tanto positivos como negativos.

A continuación, se propone una serie de indicadores del proceso de monitoreo y seguimiento (tablas 10, 11, 12 y 13):



Cultivos intercalados de piña y plátano. Montenegro, Quindío



Estado	Variable	Indicador de cambio (Porcentaje)
Tipo	Procesos de degradación de suelos	Porcentaje de área afectadas por desertificación en zonas con otros procesos de degradación de suelos
Grado	Intensidad y magnitud de los procesos de desertificación	Porcentaje de área afectadas por desertificación con cambio en la magnitud o severidad de degradación
Origen	Actividades y fuentes que afectan el cambio de la desertificación	Porcentaje de área afectadas por desertificación de suelos según la causa



Tabla 10. Ejemplos de indicadores de monitoreo del estado actual de degradación de suelos por desertificación

Componente	Variable	Indicador de cambio (Porcentaje)
Ecológico	Cambio climático	Porcentaje de área afectadas por la severidad y debida al cambio climático
		Porcentaje de área afectadas por la severidad en desertificación donde la precipitación ha cambiado
Económico	Sistemas productivos	Porcentaje de área afectadas 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 11. Ejemplos de indicadores de monitoreo del estado actual de degradación de suelos por desertificación

Componente	Variable	Indicador de cambio
Ecológico	Áreas protegidas	Porcentaje de área y hectáreas afectadas por desertificación de suelos en áreas protegidas
Económico	Suelos clases II, III y IV	Porcentaje de área y hectáreas afectadas por desertificación de suelos en áreas de suelos clase II, III y IV;
	Productividad	Cambios en los rendimientos por cada sistema productivo
Social	Desplazamiento poblacional	N° de desplazados por municipio en zonas con desertificación.



Tabla 12. Ejemplos de indicadores de monitoreo del estado actual de degradación de suelos por desertificación

Componente	Variable	Indicador de cambio
Ecológico	Áreas de importancia ecológica	Porcentaje de proyectos con estrategias de conservación o recuperación de suelos en áreas de importancia ambiental
		N.º hectáreas con proyectos de conservación, rehabilitación o restauración
Económico	Áreas de importancia agrícola o pecuaria	Porcentaje de proyectos con estrategias de conservación o recuperación de suelos en áreas agrícolas o ganaderas
		N.º hectáreas con prácticas para la conservación, rehabilitación o restauración
Social	Educación y sensibilización	N.º de programas de capacitación, divulgación y sensibilización en los procesos de degradación de suelos por desertificación
		N.º de personas capacitadas o sensibilizadas en los temas de degradación de suelos



Tabla 13. Ejemplos de indicadores de monitoreo del estado actual de degradación de suelos por desertificación

Fuente: elaboración propia.

2.4 Sistema de Monitoreo y Seguimiento para la Degradación de los Suelos en Colombia (SIMSES)

SIMSSES es el Sistema de Monitoreo y Seguimiento del estado de la calidad de los suelos en Colombia creado en el marco de la Política para la Gestión Sostenible del Suelo enfocado en el cumplimiento de la estrategia 4. Monitoreo y seguimiento a la calidad de los suelos, creado con el apoyo del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

El SIMSES es una iniciativa de país que tiene como propósito el intercambio de conocimientos frente al estado de la calidad de los suelos en Colombia, el cual permite capturar, compilar, analizar y divulgar información técnica creada por parte de las autoridades ambientales, la academia, los gremios, ONG, expertos nacionales y la sociedad civil, con miras a la toma de decisiones frente al territorio y a la concientización sobre la importancia de la gestión sostenible de los suelos en el país.



Postulación al premio Alejandro Ángel Escobar

El IDEAM realizó la postulación del documento "Protocolo para la identificación y evaluación de la calidad de los suelos" al Premio Alejandro Ángel Escobar.

¿Qué es el SIMSES?

SIMSSES es el Sistema de Monitoreo y Seguimiento del estado de la calidad de los suelos en Colombia creado en el marco de la Política para la Gestión Sostenible del Suelo enfocado en el cumplimiento de la estrategia 4. Monitoreo y seguimiento a la calidad de los suelos, creado con el apoyo del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Misión SIMSES...

El SIMSES es creado con miras a la toma de decisiones frente al territorio y a la concientización sobre la importancia de la gestión sostenible de los suelos en el país.



MINAMBIENTE

¿Que es SIMSES?

Producción Científica

Indicadores

Usuarios

El Escobar

de la degradación de suelos por salinización"

[Ver enlace externo...](#)



?

do de la calidad de los suelos en
Sostenible del Suelo enfocado en
a la calidad de los Suelos, creado
sarrollo Sostenible.

es frente al territorio y a la
nible de los suelos en el país.

¿Quién puede participar?

- Autoridades ambientales
- Academias, universidades, escuelas
- Gremios
- ONGs
- Expertos nacionales
- La sociedad civil



3. LINEAMIENTOS PARA EL CONTROL Y MANEJO DE LA DESERTIFICACIÓN

La implementación del presente protocolo genera resultados importantes en el diagnóstico acertado sobre la problemática de la desertificación en el país y en las regiones. La zonificación, susceptibilidad y análisis de las causas e impactos son insumos claves para definir las acciones para detener, neutralizar y revertir este proceso.

El control y manejo de la degradación de suelos por desertificación debe abordarse desde una perspectiva de búsqueda de soluciones específicas a corto, mediano y largo plazo, combinando medidas preventivas, de mitigación, de rehabilitación y de restauración. Sin embargo, es conveniente hacer hincapié y concentrar esfuerzos económicos, académicos, institucionales y humanos en las primeras, debido a que sus resultados son sólidos y duraderos y a unos costos financieros de menor impacto en las economías regionales y locales.

En cuanto a las medidas de prevención, se debe comprometer a todos los sectores de la sociedad, en particular, a las instituciones que tengan como misión velar por la conservación de los recursos naturales, entre ellos, el suelo, ya que este es un componente primordial de la biodiversidad de los ecosistemas. Además, desarrollar programas y proyectos cuya estructura plasme las inquietudes y vivencias de las comunidades que trabajan la tierra, y sensibilizar y capacitar a las poblaciones sobre la importancia del suelo en la seguridad alimentaria, en el equilibrio ambiental y en el desarrollo socioeconómico y cultural de la sociedad.

Hoy en día, la UNCCD ha concentrado sus esfuerzos en la estrategia de tratar de neutralizar el estado actual de la degradación, por medio de varios enfoques. En estos se destaca el manejo sostenible de las tierras y buenas prácticas de uso. La neutralidad de la degradación de las tierras (NDT) se centra en preservar la productividad de los recursos de la tierra, prestar apoyo a las funciones y servicios de los ecosistemas y, por consiguiente, satisfacer las necesidades de las generaciones actuales y futuras. En términos de neutralidad, el concepto de NDT significa alcanzar el equilibrio entre la nueva degradación de tierras ya anticipada y las futuras medidas para disminuir la misma. Su objetivo es equilibrar, de forma anticipada, las pérdidas con las ganancias en términos de servicios y funciones de los ecosistemas que proporcionan los recursos de la tierra (UNCCD, 2016).



Las medidas preventivas, de mitigación, rehabilitación, restauración y adaptación sobre la degradación de los suelos de zonas secas se deben implementar basados en las técnicas de manejo sostenible de suelos, buenas prácticas agropecuarias y medidas de adaptación al proceso natural y al cambio climático.

3.1 Manejo sostenible de suelos y tierras

El manejo sostenible de tierras es un modelo de trabajo adaptable a las condiciones de un entorno específico, este permite el uso de los recursos disponibles para el desarrollo socioeconómico y garantiza la satisfacción de las necesidades de la sociedad, el mantenimiento de los ecosistemas y su resiliencia. El enfoque de Manejo Sostenible de Tierra (MST) contribuye a la gestión de la lucha contra de la desertificación, degradación de las tierras y sequía y fomenta la adaptación al cambio climático, a través de la identificación y diagnóstico de los procesos de degradación de los suelos y la implementación de iniciativas locales de manejo y conservación de los recursos suelo, biodiversidad y agua, con enfoques de ecosistemas, de equidad de género e interculturalidad, en particular, en las zonas más afectadas y frágiles.

El WOCAT (Panorama Mundial de Enfoques y Tecnologías para la Conservación de Suelos y Aguas) es una red global sobre gestión sostenible de la tierra, este promueve documentar, intercambiar y usar el conocimiento para apoyar la adaptación, la innovación y la toma de decisiones en MST. La red WOCAT ha sido reconocida

por la UNCCD como la base de datos más importante para el control de la degradación de tierras y la desertificación, con fin de lograr las metas de neutralidad.

El manejo sostenible de la tierra, dentro del contexto de WOCAT, se define como el uso de los recursos de la tierra –incluyendo suelos, agua, vegetación y animales– para producir bienes y proveer servicios destinados a satisfacer las necesidades humanas cambiantes, al tiempo de asegurar el potencial productivo a largo plazo de estos recursos y el mantenimiento de sus funciones medioambientales (WOCAT, 2016)

Es decir, el WOCAT diferencia entre enfoque, tecnología y medida. Un enfoque MST define las formas y los medios usados para implementar una o varias tecnologías, inclusive apoyo técnico y material, participación y roles de distintas partes interesadas, etc. En este sentido, un enfoque puede referirse a un proyecto/programa o a actividades iniciadas por los mismos usuarios de la tierra. Ahora una tecnología MST es una práctica física en la tierra, esta controla la degradación de los suelos, fortalece la productividad y otros servicios del ecosistema (WOCAT, 2016).

Por lo tanto, una tecnología MST se aplica y debe comprender una serie homogénea de condiciones naturales (biofísicas) y humanas (socioeconómicas). La tecnología puede contener una o varias medidas para el manejo sostenible de los suelos: agronómicas, vegetativas, estructurales y de manejo. Las tecnologías se aplican buscando resolver los objetivos específicos para la recuperación o control de la degradación de suelos.

Algunos de estos propósitos, según el cuestionario de tecnologías QT WOCAT, son:

- Mejorar la producción (cosecha, forraje, madera/fibra, agua, energía).
- Reducir, prevenir, restaurar la degradación del suelo (suelo, agua, vegetación).

- Conservar el ecosistema.
- Proteger una cuenca hidrográfica, en combinación con otras tecnologías
- Preservar/mejorar biodiversidad.
- Reducir el riesgo de desastres (por ej. sequías, inundaciones, derrumbes).
- Adaptarse al cambio climático, extremos climáticos y sus impactos (ej. resistencia a sequías, tormentas).
- Mitigar el cambio climático y sus impactos (ej. mediante absorción de carbono)
- Crear impacto económico benéfico (ej. incrementar ingresos/oportunidades de empleo).
- Crear impacto social benéfico (ej. reducir conflictos sobre recursos naturales, apoyar grupos marginados).

Las medidas MST, para WOCAT, se agrupan en categorías: agronómica, vegetativa, estructural, de manejo. Las medidas frecuentemente se combinan para conformar las tecnologías, por ejemplo: las terrazas, una medida estructural, frecuentemente se combinan con otras medidas, tales como cobertura de pasto en los taludes para estabilizar y forraje (medida vegetativa) o labranza de contornos (medida agronómica). Las medidas por cada categoría se relacionan a continuación (tomado de QT de WOCAT):

Medidas agronómicas

- **Vegetación/cubierta del suelo:** cultivos asociados, cultivos intercalados, cultivo en relevo, cultivo de cobertura.
- **Materia orgánica/fertilidad del suelo:** agricultura de conservación, producción y aplicación de composta/abono, mantillo, líneas de residuos, abono verde, rotaciones de cultivos.
- **Tratamiento de superficie del suelo:** labranza cero (sin labranza), labranza mínima, labranza de contornos.
- **Tratamiento de subsuperficie:** rompimiento de subsuelo compacto, preparación del suelo con cultivador, doble labranza.



<https://www.bancodeimagenesgratis.com/2013/09/agricultura-en-vietnam-cultivo-de-arroz.html>

- **Manejo de semillas, variedades mejoradas:** producción de semillas y plántulas, selección de semillas, bancos de semillas, desarrollo/producción de variedades mejoradas.

Medidas vegetativas

- **Cubierta de árboles y arbustos:** Agroforestería, rompevientos, reforestación, cercas, cercas vivas.
- **Pastos y plantas herbáceas perennes:** Franjas de pasto a lo largo del contorno, franjas de vegetación a lo largo de riberas.
- **Despeje y desbroce de vegetación:** Cortafuegos: combustible reducido en caso de fuegos forestales.
- **Reemplazo o eliminación de especies extrañas/ invasoras:** Tala de árboles y arbustos no deseados.

Medidas estructurales

- **Terrazas:** terrazas de banco (pendiente del lecho de la terraza <6 %); terrazas inclinadas hacia adelante (inclinación del lecho de terraza >6 %)
- **Taludes, bancos:** Taludes de tierra, taludes de piedra (a lo largo del contorno o gradado), taludes semicirculares (en media luna).
- **Acequias graduadas, canales, vías fluviales:** Zanja de desvío/drenaje, vías fluviales para drenar y llevar agua.
- **Acequias niveladas, fosas:** Acequias de retención/infiltración, hoyos de plantación, microcuencas.
- **Diques, hondonadas, estanques:** Diques para controlar inundaciones, diques para irrigación, diques de arena
- **Muros, barreras, vallas, cercas:** Estabilización de dunas de arena, pas-

toreo rotativo (usando cercas), veda de zona, diques de contención.

- **Equipo para cosechar agua/provisión de agua/irrigación:** Cosecha de agua de techos, tomas de agua, conductos, tanques, etc.
- **Saneamiento/estructuras para aguas residuales:** Sanitario compostero, tanques sépticos, humedales de tratamiento construidos.
- **Refugios para plantas y animales:** Invernaderos, establos, refugios para viveros de plantas
- **Medidas de ahorro de energía:** Estufas para ahorrar leña, aislamiento de edificios, fuentes de energía renovable (solar, biogás, viento, hidroelectricidad)
- **Otros:** Fosas de producción de composta; remodelado de superficie (reducción de pendiente).

- Medidas de manejo**
- **Cambio de tipo de uso de la tierra:** Veda de zona/ descanso, protección, cambio de tierras de cultivo a tierras de pastoreo, de bosque a agroforestería, reforestación.
 - **Cambio de gestión/nivel de intensidad:** Cambio de pastoreo a corte (para alimentar en establos, selección de empresa agrícola (grado de mecanización, insumos, comercialización), producción de vegetales en invernaderos, de monocultivo a cultivo rotativo, de cultivo continuo a descanso manejado, de acceso abierto a acceso controlado (tierras de pastoreo, bosques), de pastoreo a cercado, ajustando las tasas de almacenaje, pastoreo rotativo.
 - **Disposición de acuerdo con el entorno natural y humano:** Exclusión de vías fluviales naturales y áreas peligrosas, separación de tipos de pastoreo, distribución de puntos de agua, corrales de aves, tierra de pastoreo: incremento de la diversidad del paisaje, veredas forestales.
 - **Cambios significativos en la programación de las actividades:** Preparación de la tierra, siembra, corte de vegetación.
 - **Control/cambio de composición de las especies:** Reducción de especies invasoras, clareo selectivo, alentando especies deseables/nuevas, quema controlada (ej. fuegos prescritos en bosques/ tierras de pastoreo/ quema de residuos).
 - **Manejo de desperdicios (reciclado, reutilización o reducción):** incluye métodos artificiales y naturales para manejar desperdicios.

3.2 Buenas prácticas para el uso sostenible de suelos

Los ministerios de Ambiente y Desarrollo Sostenible y de Agricultura, Agrosavia y la

FAO, en Colombia, han venido trabajando en la formulación de buenas prácticas para la agricultura, ganadería y uso forestal, con el fin de disminuir los impactos ambientales y contribuir a la lucha contra la desertificación y los efectos del cambio climático.

En relación con la definición de buenas prácticas, según Minambiente-FAO (2018), se consideran relevantes los cinco principios ecológicos para la sustentabilidad de los agroecosistemas:

- a) Aumentar el reciclado de biomasa y optimizar la disponibilidad y el flujo balanceado de nutrientes.
- b) Asegurar condiciones del suelo favorables para el crecimiento de las plantas, particularmente, a través del manejo de la materia orgánica, aumentando la actividad biótica del suelo.
- c) Minimizar las pérdidas debidas a flujos de radiación solar, aire y agua mediante el manejo del microclima, cosecha de agua y el manejo de suelo a través del aumento en la cobertura.

- d) Diversificar de manera específica y genética el agroecosistema en el tiempo y el espacio.
- e) Aumentar las interacciones biológicas y los sinérgicos entre los componentes de la biodiversidad promoviendo procesos y servicios ecológicos claves.

También, se considera necesario que en los bosques, ecosistemas estratégicos y áreas de conservación se incluya la aplicación de buenas prácticas de manejo de los suelos, particularmente, en los casos donde la conservación de estos se encuentra amenazada por las presiones antrópicas, los fenómenos climáticos y las condiciones naturales extremas.

Las principales prácticas generales para el uso y manejo sostenible de los suelos que se formulan en el documento de la FAO-Minambiente (2018) son:

Vocación o aptitud de uso es el primer aspecto a tener en cuenta para el manejo sostenible de los suelos; esto quiere de-

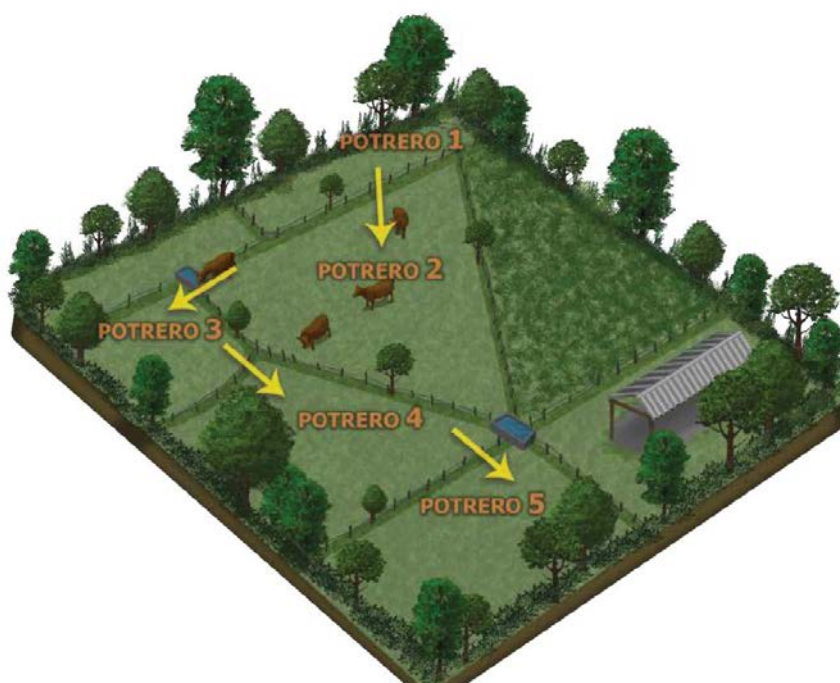


Figura 3. Ejemplo de rotación de potreros para pastoreo controlado. Tomado de FAO-Minambiente, 2018.



Figura 4. Ejemplo de cultivos asociados en franjas. Tomado de FAO-Minambiente, 2018.

cir que se sugiere usar al suelo en función de lo que se ha recomendado como uso adecuado, según sus condiciones biofísicas. Con respecto a una evaluación de la vocación de uso del suelo, es necesario examinar un estudio detallado de suelos, determinar sus principales cualidades y características y luego compararlos con los requerimientos específicos de los cultivos o actividad productiva.

Labranza mínima o mínimo movimiento del suelo: Se refiere a intervenir lo menos posible el suelo en el momento de cultivarlo, de tal manera que no se interfieran los procesos naturales desarrollados en él. Existen tres formas de realizar la labranza mínima: cero o siembra directa, mínima en surcos o continua y mínima puntual o sitio a sitio.

Abonos verdes: Consisten en la incorporación al suelo de plantas sembradas o bio-

masa vegetal no descompuesta con el fin de mejorar la fertilidad y calidad del suelo. Los abonos verdes son capaces de reciclar grandes cantidades de nutrientes en formas asimilables por las demás especies.

Cobertura permanente del suelo: Esta mantiene el campo de cultivo cubierto con material orgánico verde o seco (vivo o muerto). Se ha podido comprobar que el suelo no debe estar mucho tiempo desnudo, para evitar la influencia directa del sol y la lluvia, porque causa erosión.

Barreras vivas: Son cultivos sembrados, principalmente, en las laderas, con el propósito de controlar la erosión y mejorar la resistencia del sistema agrícola frente a eventos climáticos; así mismo, contribuyen a la diversificación funcional de los agroecosistemas, aumentando el control biológico de plagas, la polinización y disminuyendo el uso de plaguicidas.

Cercas vivas: Son una forma de establecer un límite mediante la siembra de una hilera de árboles o arbustos a distancias relativamente cercanas, a los cuales se fijan líneas de alambre. El propósito principal de las cercas vivas es el control del movimiento de los animales y humanos; adicionalmente, proveen leña, forraje, alimento, cortina rompevientos y enriquece el suelo con nutrientes.

Pastoreo controlado o rotativo: Consiste en rotar el ganado dentro del terreno, para evitar que los suelos se compacten (especialmente en época de lluvias), de esta manera el suelo descansa y mejora el rebrote de praderas (ver figura 3). El pastoreo controlado consiste en mantener a los animales en sitios fijos como corrales, o amarrados a estacas, porque es fácil su alimentación con pasto de corte o disponible en el lote.

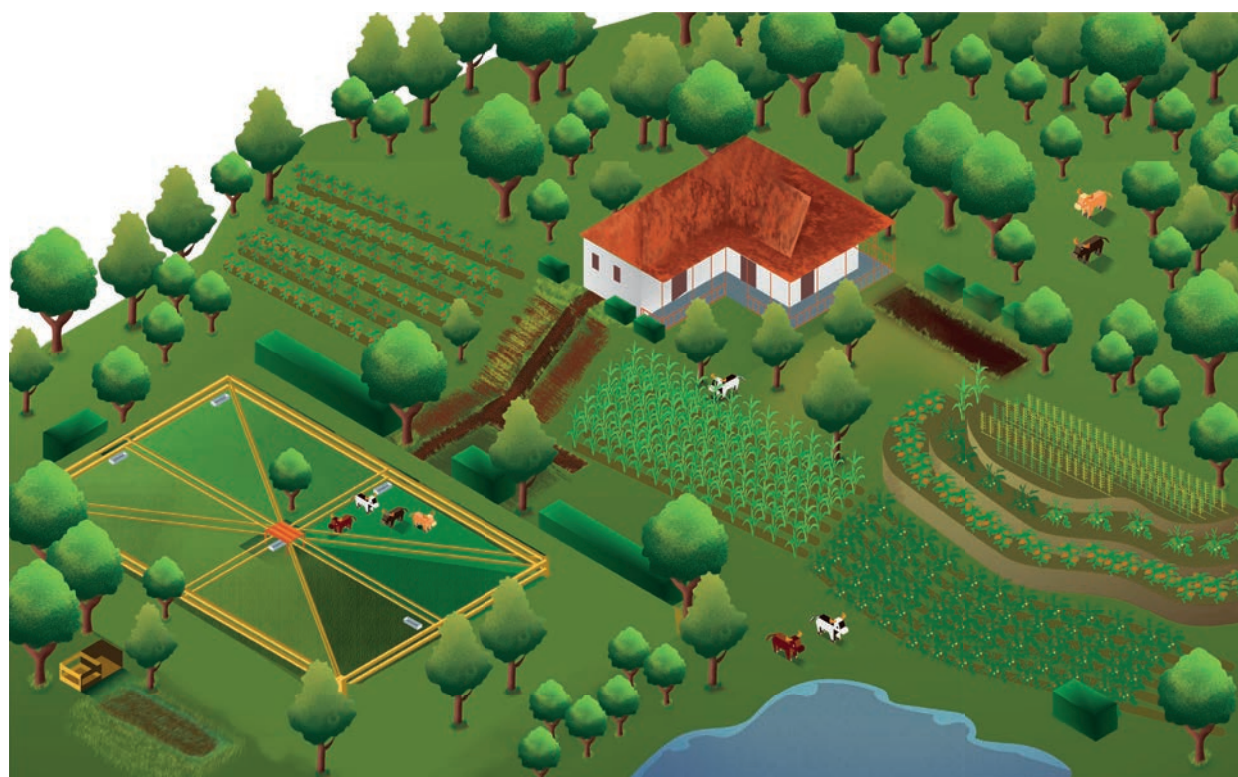


Figura 5. Ejemplo sobre diversidad funcional
Fuente: elaboración propia.

Rotación de cultivos: Es el conjunto de secuencias, en las cuales se ocupa el suelo con cultivos diferentes continuos en el tiempo con la finalidad de mantener la fertilidad del suelo. Esta tiene como objetivo el desarrollo de sistemas de producción diversificados que aseguren la sostenibilidad del suelo, promoviendo cultivos que se alternen año a año para mantener su fertilidad y reducir los procesos de degradación por erosión.

Policultivos o cultivos asociados: Son sistemas de plantación simultánea de diversas especies vegetales en una misma parcela; estos son complementarios entre sí y no generan competencias interespecíficas. Al cultivar varias especies de manera simultánea, se obtiene una serie de objetivos de manejo, sin que se requiera mayor subsidio o complementación (ver figura 4).

Diversificación funcional: Es el proceso mediante el cual se aumenta el número de especies que hacen parte del agroecosistema, ya que cumplen una funciona-

lidad dentro de este. En este proceso se tienen tres tipos de diversificación, a saber: temporal, espacial y genética. Además de las prácticas ya citadas como rotación de cultivos, mezcla de variedades, policultivos, cultivos de cobertura y diversificación funcional (ver figura 5), en el proceso de aumento de la diversidad existen varias estrategias posibles (Altieri y Nicholls, 2004), las cuales se mencionan a continuación:

- **Sistemas agroforestales:** Los árboles se cultivan junto con cultivos anuales y animales, esto beneficia los cultivos perennes y fortalece las relaciones de complementariedad entre los componentes, mientras que promueven múltiples agroecosistemas.
- **Sistemas silvopastoriles:** Se hace incorporación de árboles en la producción pecuaria, esto permite mejorar la gestión de los recursos naturales, incrementa la

prestación de servicios ambientales (biodiversidad, agua, suelo y retención de carbono) y eleva la productividad de los suelos.

- **Sistemas agrosilvopastoriles:** En estos se genera la combinación o asociación deliberada de un componente leñoso (forestal o frutal) con ganadería y cultivos en el mismo terreno, con interacciones significativas ecológicas y económicas. Son sistemas complejos porque integran pastos, cultivos forrajeros, cultivos varios, animales y diferentes recursos, incluyendo forestería y agricultura.

Obras biomecánicas: Combinan algún material vivo con inerte para diseñar estructuras económicas y de fácil construcción, con las que se controla la degradación de suelos por erosión, deslizamientos y conserva su calidad.



- Revegetalización de taludes.
- Trinchos, terrazas y gaviones.
- Surcos en contorno, a partir de trazado de curvas de nivel.
- Barreras cortafuegos en zonas forestales o de conservación.
- Zanjas de infiltración o banquetas.
- Pocetas o lagunetas para cosechar agua.

Abonos orgánicos y biofertilizantes

presentan efectos positivos sobre la fertilidad del suelo porque contribuyen a subsanar deficiencias nutricionales inmediatas, de mediano o de largo plazo. Existen diferentes procesos para la producción de abono sólido, entre los más relevantes se encuentra el compostaje y el lombricompostaje.

- El objetivo del proceso de compostaje es favorecer la descomposición de los residuos orgánicos biodegradables, a través de la acción de microorganismos aeróbicos, lo cual genera nutrientes para el suelo al tiempo que se da un uso útil a dichos residuos. El compostaje conduce a una etapa de maduración, caracterizada por su estabilidad química y microbiológica.
- El lombricompostaje es el producto obtenido mediante la transformación de los residuos orgánicos biodegradables, la cual se realiza generalmente por lombrices rojas californianas.

3.3 Medidas de adaptación a la desertificación relacionadas con cambio climático

Los efectos del cambio climático en el suelo tienden a comprometer gravemente la producción agropecuaria futura, en especial en los países en desarrollo. Por ejemplo, la menor humedad del suelo – provocada por aumentos de la tempera-





tura atmosférica— afecta la capacidad de captura y transporte de nutrientes en los cultivos; una mayor intensidad de la precipitación causa erosión del suelo en zonas de ladera, así como anegamiento en las planas, con la subsecuente pérdida de oxígeno y concentración de elementos como manganeso, hierro o aluminio en niveles tóxicos para algunas especies de plantas (Minambiente-FAO, 2019).

La Política Nacional para la Gestión Sostenible del Suelo (PNGSS) identifica el cambio climático como una de las fuerzas motrices capaces de degradar este recurso, también la asocia a mayor riesgo por erosión, salinización, compactación, pérdida de la materia orgánica y de la biota del suelo, y desertificación (Minambiente, 2016).

Sobre el uso y manejo inadecuado de los suelos, la PNGSS señala que tiene efectos sobre el cambio climático; por ejemplo, los suelos inundados son fuente de metano (CH₄); el uso excesivo de fertilizantes nitrogenados en la producción de cultivos genera emisiones de gases de efecto invernadero (NO_x); la deforestación expone al suelo a las condiciones ambientales, acelera los procesos de mineralización de la materia orgánica e incrementa la emisión de CO₂ a la atmósfera. Por consiguiente, mejorar las prácticas de manejo y uso del suelo es fundamental para aumentar las absorciones de CO₂, teniendo en cuenta que según el sector agropecuario contribuye con el 83 % del total de las absorciones del país (Minambiente-FAO, 2019).

Por las razones anteriormente expuestas, la gestión del cambio climático debe incorporar medidas para prevenir la degradación y pérdida del suelo por esta causa, así como para procurar el mantenimiento del carbono en el suelo, disminuir las emisiones y aumentar la captura de gases de efecto invernadero. (Minambiente-FAO, 2019).

Mantener los servicios ecosistémicos asociados al suelo para garantizar

la producción agropecuaria implica considerar los principios de uso (según clasificación agrológica o aptitud), manejo (métodos de producción y prácticas que proporcionaran las condiciones adecuadas para la calidad y sanidad del suelo) y conservación (relacionada con el conjunto de prácticas o actividades que mantienen o aumentan la capacidad productiva del recurso suelo y el entorno ambiental) que eviten erosión, compactación, encostramiento superficial, pérdida de la estructura, déficit y exceso hídrico, salinización y sodificación, acidificación, pérdida de nutrientes y disminución de la fertilidad, desequilibrio geoquímico, reducción de la micro, meso y macrofauna, pérdida de la materia orgánica y contaminación del suelo (Minambiente-FAO, 2019).

Las acciones que se proponen para desarrollar este ámbito, según la propuesta del Plan integral de gestión del cambio climático del sector agropecuario PIGCC-AG (borrador) (Minambiente-FAO, 2019) son:

- Promover, a través del acompañamiento técnico en proyectos de agricultura específica por sitio, la adopción de prácticas de conservación de suelos como labranza mínima, zanjas de drenaje, rotación de potreros en ganadería bovina, rotación de cultivos de ciclo corto, uso de cultivos de cobertura, abonos verdes, uso de acondicionadores de suelo (pollinaza, gallinaza) con procesos de compostaje, policultivos, etc.
- Aumentar el área sembrada en frutales (ej. aguacate y mango) con incorporación de leguminosas de cobertura en el cultivo para favorecer la retención de humedad, fijación de nitrógeno y captura de carbono.
- Promover e impulsar el establecimiento de plantaciones forestales comerciales (incluyendo caucho, maderables, pulpa, entre otros) en la frontera agropecuaria (zonifica-

ción forestal) para reducir y mitigar las emisiones de GEI.

- Promover la fertilización orgánica, el uso racional de bioinsumos para la producción agropecuaria y de fertilizantes de síntesis química.

Con respecto a las zonas bajo condiciones naturales extremas (ejemplo La Guajira), las poblaciones se deben adaptar a estas condiciones haciendo uso adecuado de los pocos recursos de agua y suelo, considerando actividades y prácticas ancestrales, saberes locales y formas de producción locales.

3.4 Proyectos exitosos y metas voluntarias para la lucha contra la desertificación en Colombia

Colombia ha reconocido el problema de la desertificación y desde la adhesión a la UNCCD ha impulsado planes y proyectos enfocados hacia la restauración y rehabilitación de zonas secas, que de forma directa o indirecta han contribuido a la lucha contra la desertificación. Aunque inicialmente estos proyectos han sido de baja envergadura y poca extensión, su impacto ha sido paulatinamente muy importante. También estos proyectos están contribuyendo al logro de las metas voluntarias que el país ha definido dentro de la estrategia de NDT para el 2030 y van consolidando las acciones que el país debe asumir. Entre estos planes se resaltan los siguientes:

Plan Nacional de Restauración Ecológica, Rehabilitación y Recuperación de Áreas Degradadas de Minambiente, que tiene como objetivo a 20 años, orientar y promover procesos integrales de restauración ecológica que busquen recuperar las condiciones de los ecosistemas como su estructura, su composición o sus funciones y garantizar la prestación de servicios ecosistémicos en áreas de-

gradadas de especial importancia ecológica para el país.

- Planes Departamentales de Ordenamiento Productivo y Social de la Propiedad Rural formulados por las gobernaciones y gremios bajo la orientación técnica de la UPRA, que considera proyectos de reconversión productiva y prácticas de manejo sostenible.
- Plan Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación del sector Agropecuario colombiano de Agrosavia, que incluye líneas de acción en innovación tecnológica y extensión agropecuaria.
- Proyecto “Uso Sostenible y conservación de la biodiversidad en ecosistemas secos”, del PNUD y el Instituto Humboldt, financiado por el GEF, cuyo propósito es aportar para el mejoramiento de la calidad de vida de las poblaciones en estado de vulnerabilidad mediante la reducción de la tendencia actual de procesos de deforestación y desertificación de bosques secos, la conservación de la biodiversidad, el manejo sostenible del suelo y fijación de carbono, en sitios priorizados en Colombia.
- Proyecto “Soporte a las decisiones para la integración y ampliación del manejo sostenible de tierras DS-SLM”, es un GEF global que busca aumentar el suministro de bienes y

servicios de los ecosistemas y mejorar la seguridad alimentaria en los países y regiones que están afectados por la desertificación, la degradación de las tierras y la sequía, mediante la promoción del manejo sostenible de tierras, el manejo integrado y la eficiencia en la utilización de los recursos naturales.

Algunos de los proyectos identificados para contribuir a las metas de neutralidad en el Caribe colombiano son los siguientes:

- Restauración de coberturas en bosques mediante rehabilitación ecológica participativa en zonas deforestadas, en rondas hídricas y en suelos degradados en la cuenca de los ríos Sinú, San Jorge, Canalete y Las Flores, en zona de influencia de la Corporación Regional de los Valles del Sinú y San Jorge (CVS).
- Restauración de bosques en zonas de recargas de acuíferos en jurisdicción de la Corporación Regional del Departamento de Sucre (Carsucre).
- Mejoramiento de coberturas de pastos con especies forestales para implementación de sistemas silvopastoriles en la jurisdicción de Carsucre.
- Recuperación de áreas deforestadas con sistemas silvopastoriles en la microcuenca del Arrollo Mancomoján.
- Implementación de sistemas productivos agrosilvopastoriles y agroforestales con cultivos frutales, cacao y sistemas forestales.
- Mejoramiento de productividad de los suelos para fines agropecuarios, en la región de La Mojana con reconversión tecnológica y mejoramiento de prácticas de uso de suelos.
- Reconversión de cultivos transitorios y pastos en sistemas agroforestales de Cacao.
- Conservación y recuperación mediante restauración natural de 1.000 ha de Bosque en el parque Los Besotes, Valledupar.
- Protección de 18.000 ha mediante figuras de áreas protegidas regionales y locales y acuerdos de conservación en el marco del proyecto GEF, en departamentos de La Guajira, Cesar, Bolívar, Tolima, Huila, Valle del Cauca y Nariño.
- Definición de 3000 ha de zonas de conservación en el departamento de La Guajira.
- Fomento de plantación de especies forestales dendro-energéticas y uso de hornillas ecológicas, mejoramiento de coberturas mediante restauración activa y pasiva, reconversión de sistemas ganaderos de pastos en sistemas agrosilvopastoriles, en La Guajira



E Referencias bibliográficas

PROTOCOLO PARA LA IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA
DEGRADACIÓN DE SUELOS POR DESERTIFICACIÓN





- Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA). (2002). *Señales medioambientales*. Luxemburgo: Publicaciones de las Comunicaciones Europeas.
- Altieri, M. & Nicholls, C. (2004). Una base agroecológica para el diseño de sistemas diversificados de cultivo en el Trópico. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, 73, 8-20.
- Andrade, H. & Ibrahim, M. (2003) *¿Cómo monitorear el secuestro de carbono en los sistemas silvopastoriles?*
- Banco Mundial. (2016). *África, hacia una gestión sostenible del agua y la tierra*. Proyecto TerrAfrica de Degradación de tierras.
- Bautista Cruz, A. & Etchevers Barra, R. (2004). La calidad de los suelos y sus indicadores. *Revista Ecosistemas*, 90-97.
- Comisión de las Comunidades Europeas (CCE). (2002). *Hacia una estratégica temática para la protección del suelo*. Bruselas, Bélgica.
- Correa, D., L. (2015). *Indicadores de riesgo de desertificación en zonas del Valle del Cauca* (Colombia). Palmira. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Escuela de Posgrados.
- Costa, M. J. (2009). *Ciències de la Terra i del Medi Ambient*. Barcelona, Ed. Castellnou.
- Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2003). Conpes 3242. Estrategia institucional para la venta de servicios ambientales de mitigación del cambio climático. Consejo Nacional de Política Económica y Social (Conpes). Bogotá. DNP-MAVDT
- Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2012). Conpes 3718. Programa nacional para la formulación y actualización de planes de ordenamiento territorial: POT modernos. Consejo Nacional de Política Económica y Social (Conpes). Bogotá, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural-DNP-MAVDT-.
- Departamento Nacional de Planeación (2015). Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018, "Todos por un nuevo país: paz, equidad y educación". Bogotá Presidencia de la República.
- Doran, J. & Parkin, B. (1994). Defining Soil Quality for a Sustainable Environment. *Soil Science Society of America*, 35.
- Evaluación de los Ecosistemas del Milenio - MEA (2005). *Ecosistemas y bienestar humano: Síntesis sobre desertificación*. Washington. World Resources Institute.
- Explorable (2018). *Muestreo por conglomerados*. Disponible en <https://explorable.com/es/muestreo-por-conglomerados> (consultado en agosto 2019).

- FAO (2000). *El futuro de nuestra tierra. Enfrentando el desafío*. Roma. FAO-UNEP.
- FAO (2000). *Evaluación de la degradación de tierras en zonas áridas*. Roma. FAO.
- FAO (2015). *La agricultura mundial en la perspectiva del año 2050*. Roma. FAO.
- FAO (2017). *Alianza Mundial por el Suelo. Descripción de la Alianza Latinoamericana y del Caribe por suelo LACS*. Disponible en <http://www.fao.org/global-soil-partnership/regional-partnerships/america-latina-y-el-caribe/es/> (consultado en agosto 2019)
- FAO (2019). *Degradación del suelo*. Portal de suelos de la FAO. Disponible en <http://www.fao.org/soils-portal/soil-degradation-restoration/es/> (consultado en agosto 2019).
- FAO-Minambiente (2018). *Guía de buenas Prácticas para la gestión y uso sostenible de los suelos en áreas rurales*. Oficina FAO Colombia. Ministerio de Ambiente y desarrollo sostenible. Bogotá.
- FAO-Minambiente (2019). *Plan integral de gestión del cambio climático del sector agropecuario (PIGCC-AG) (documento borrador)*. Bogotá. FAO Colombia Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- FAO-PNUMA. (1984). *Metodología provisional para la evaluación y la representación cartográfica de la desertización*. Roma. FAO-PNUMA. 74 pp.
- Global Learning and Observations to Benefit the Environment GLOBE. (2003). Aprendizaje de protocolos por Internet (eTraining). Pedosphere (Soil). Disponible en <https://www.globe.gov/es/get-trained/protocol-etraining/etraining-modules/16867724/12276> (consultado en agosto 2019)
- ICONTEC. (1997). *NTC 4113-2 Calidad de suelo. Muestreo. Guía sobre técnicas de muestreo*. Bogotá: Incontec.
- ICONTEC. (1997). *NTC 4113-6 Calidad de suelo. Muestreo. Guía para la recolección, manejo y almacenamiento de suelo para la evaluación de procesos microbianos aeróbicos en el laboratorio*. Bogotá: Incontec.
- ICONTEC. (2004). *NTC 3656. Gestión ambiental suelo. Toma de muestras de suelos para determinar contaminación*. Bogotá: Incontec.
- ICONTEC. (2004). *NTC 4113-4 Calidad del suelo, Muestreo. Guía para el procedimiento para la investigación de sitios naturales, seminaturales y cultivados*. Bogotá: Incontec.
- Ideam-CAR-UDCA. (2017). *Protocolo para la identificación y evaluación de la degradación de suelos por salinización, versión 2*. Bogotá: Minambiente-Ideam-UDCA.
- Ideam-UDCA. (2015). *Protocolo para la identificación y evaluación de la degradación de suelos por erosión, versión 2*. Bogotá: Ideam-UDCA.
- Ideam. (2005). *Atlas interactivo de la degradación de tierras por desertificación*. Bogotá. Ideam.
- Ideam. (2008). *Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia*. Bogotá: Ideam.
- IGAC. (2004). *Aspectos prácticos de la adopción del Marco Geocéntrico Nacional de Referencia MAGNA-SIRGAS como DATUM oficial de Colombia*. Bogotá: IGAC.



- IGAC, Ideam, MAVDT. (2010). *Protocolo para la identificación y evaluación de la degradación de suelos y tierras por desertificación*. Bogotá: IGAC.
- IPBES. (2018). The IPBES assessment report on land degradation and restoration. Montanarella, L., Scholes, R., and Brainich, A. (ed.). Bonn. Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. 744 pp.
- IPCC - Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (2019). Informe especial sobre degradación de tierras y cambio climático. Ginebra, Suiza. IPCC. 174 p. Disponible en <https://www.ipcc.ch/srccl-report-download-page/> (consultado agosto 2019)
- LADA. (2003). *Evaluación de la degradación de las tierras en zonas áridas*. Informe Final. Roma: FAO.
- LADA (2007). *Manual de evaluación local de la degradación de tierras áridas (LADA-L)*, versión final. Roma: FAO.
- Marcano, J., E. (2009). *Biomás del mundo*. Disponible en <https://jmarcano.com/nociones/bioma/desierto.html> (consultado en julio de 2019)
- Millennium Ecosystem Assessment (MEA). (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Washington: Island Press.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Minambiente) (2015). *Política para la gestión sostenible del suelo*. Bogotá D.C.: Comunicaciones Minambiente.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - Minambiente -Ideam-PNUD. (2004). *Plan de Acción Nacional de Lucha Contra la Desertificación y la Sequía (PAN)*. Bogotá.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Minambiente) (2014). *Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente*. Decreto Ley 2811 de 1974. Bogotá: Minambiente.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Minambiente) (2015). Decreto 1076 de 2015 *Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible*. Presidencia de la República. Bogotá.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Minambiente) (2018). Sexto Informe Nacional de Biodiversidad de Colombia ante el Convenio de Diversidad Biológica. Bogotá. 21 p.
- Ministerio de Educación Nacional. (1994). *Proyecto de Educación Ambiental para todos los niveles de educación formal*. Decreto 1743 de 1994. Bogotá. Presidencia de la República.
- Neira F, Verbist K, Lobo D, Gabriels D, Toro I. (2011). Assessment and delineation of drylands in Colombia. In: *Land degradation processes and assessment*. Edited by Vermang, Gabriels, Cornelis and De Boever. Belgium. Unesco Chair on Eremology, Ghent University.
- Neira F, Gabriels D, Lobo D, Verbist K. (2009). *Relación entre el índice normalizado diferencial de vegetación (NDVI) e índices de aridez en la región del Alto Patía, Colombia*. X Escuela Latinoamericana de Física de Suelos. Brasil. ELAFIS. Lavras, .
- Progeo. (2016). *El suelo como Sistema Ecológico*. Buenos Aires: Progeo.

- República de Colombia (1991). *Constitución Política de 1991*. Bogotá.
- Rozanov, B. G. (1990). Global assessment of desertification: Status and methodologies", *Desertification revisited: Proceedings of an ad hoc consultative meeting of the assessment of desertification*, Nairobi, UNEP-DC, PAC. 45-122.
- Salitchev, K. (1979). *Cartografía*. La Habana: Pueblo y Educación.
- Sánchez López, R. & Gómez Sánchez, C. P. (2012). *Programa de monitoreo y seguimiento de la degradación de suelos y tierras de Colombia*. Bogotá: Ideam.
- Schlingloff, S. (2016). Decision Support for Mainstreaming and Scaling out of Sustainable Land Management GCP/GLO/337/GFF. Land and Water Division FAO. Roma: FAO.
- Siraj, S., Mikhailov, L. & Keane, J. (2013). PriEsT: An interactive decision support tool to estimate priorities from pairwise comparison judgments. *International Transactions in Operational Research*, 22(2): 217-235.
- Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación y la Sequía (UNCCD). (1996). *Proyecto de decisiones para su consideración por la conferencia de las partes COP1*. Roma: UNCCD.
- UNCCD. (2017). *Marco científico conceptual para la neutralidad en la degradación de las tierras*. Un reporte de la Interfaz Ciencia-Política de la CLD. Bonn: UNCCD.
- UNEP. (1987). *United Nations Desertification Control Programme Activity Centre*. Rolling back the desert. Nairobi: UNEP.
- UNFCCC - Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (1992). Constitución de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Bonn, Alemania. Disponible en <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf> (consultado agosto 2019).
- United Nations Environment Programme. (2015). Agenda Global 2030 para el Desarrollo Sostenible. Objetivos de Desarrollo Sostenible ODS. Cumbre del Desarrollo Sostenible Organización Naciones Unidas.
- USDA. (2014). *Claves para la taxonomía de suelos*, 12 ed. Washington: Soil Survey Staff. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Servicio de Conservación de Recursos Naturales.
- Verbist, K. Santibáñez, F.; Gabriels, D., & Soto, G. (2010). Atlas de Zonas Áridas de América Latina y el Caribe. Montevideo: Casalac. Documentos Técnicos del PHILAC. 48 p.
- Walkley, A. (1935). *An examination of methods for determining organic carbon and nitrogen in soils*.
- Williard, H. H. (1974). *Instrumental methods of analysis*.
- WOCAT. (2016). *Cuestionario de Tecnologías de manejo sostenible de tierras (MST)*. Panorama Mundial de los Enfoques y Tecnologías de la Conservación WOCAT. Berna: Universidad de Berna.

El Protocolo para la Identificación y Evaluación de la Degradación de Suelos por Desertificación se terminó de imprimir en febrero de 2020



**DISEÑO, DIAGRAMACIÓN
E IMPRESIÓN**

www.imprenta.gov.co
PBX (0571) 457 80 00
Carrera 66 No. 24-09
Bogotá, D. C., Colombia