

# PROTOCOLO

---

PARA LA IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN  
DE LA DEGRADACIÓN DE SUELOS

**POR EROSIÓN**

---

**Juan Manuel Santos Calderón**

Presidente de la República de Colombia

**Luis Gilberto Murillo**

Ministro de Ambiente y Desarrollo Sostenible

**Mauricio Mira Pontoni**

Viceministro de Ambiente

**Omar Franco Torres**

Director General – IDEAM

*Instituto de Hidrología, Meteorología*

*y Estudios Ambientales – IDEAM*

**María Saralux Valbuena López**

*Subdirectora de Ecosistemas e*

*Información Ambiental*

## EDITORES

**Reinaldo Sánchez López**

**Carlos Eduardo Gómez Sánchez**

**Javier Otero García**

**José Alejandro Salamanca García**

**Imelda Montañez Orozco**

**Nicolás Cocomá Arciniegas**

## DIRECCIÓN EDITORIAL

**Andrés David Barragán Montaña**

## DIRECCIÓN DE ARTE

**Yuda Mateo López Zúñiga**

**María Paula Leiva Luna**

## DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN

**María Paula Leiva Luna**

## IMPRESIÓN

**Ediplas Ltda.**

## ARCHIVO FOTOGRÁFICO

**Diego Cortés Guzmán / Fotógrafo**

**Grupo de Suelos y Tierras.** Subdirección de

Ecosistemas e Información Ambiental. IDEAM

## CARTOGRAFÍA

IDEAM e Institutos de Investigación del SINA

## Ministerio de Ambiente y

## Desarrollo Sostenible

## Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM

**Omar Franco Torres**

Director General – IDEAM

**Adriana Jazmín Portillo Trujillo**

Secretaria General – IDEAM

## CONSEJO DIRECTIVO

**Luis Gilberto Murillo**

Ministro de Ambiente y Desarrollo Sostenible

**Jorge Eduardo Rojas**

Ministro de Transporte

**Simón Gaviria Muñoz**

Director General

*Departamento Nacional de Planeación – DNP*

**Mauricio Perffeti Del Corral**

Director General

*Departamento Nacional de Estadísticas – DANE*

**Martha Camacho**

Secretaría General

*Presidencia de la República*

**Ramón Leal Leal**

Director Ejecutivo

*Asociación de Corporaciones Autónomas Regionales*

*y de Desarrollo Sostenible – ASOCARS*

**Yaneth Giha Tovar**

Directora General

*Departamento Administrativo de Ciencia,*

*Tecnología e Innovación – COLCIENCIAS*

**Adriana Jazmín Portillo Trujillo**

Secretaría Técnica del Consejo

## DIRECTIVAS

**María Saralux Valbuena López**

Subdirectora de Ecosistemas e Información Ambiental

**Gabriel Saldarriaga (E)**

Subdirector de Estudios Ambientales

**Nelson Omar Vargas Martínez**

Subdirector de Hidrología

**José Franklin Ruíz**

Subdirector de Meteorología

**Cristian Felipe Euscategui Collazos**

Jefe Oficina Pronósticos y Alertas

**Juan Carlos Arturo Lobo Torres**

Jefe Oficina Asesora de Planeación

**Leonardo Cárdenas Chitiva**

Jefe Oficina de Informática

**José Antonio Camargo Galvis**

Jefe Oficina Asesora Jurídica

**María Eugenia Patiño Jurado**

Jefe Oficina Control Interno

**Ivonne Maritza Vargas Padilla**

Jefe Grupo de Comunicaciones

## UNIVERSIDAD DE CIENCIAS APLICADAS Y AMBIENTALES U.D.C.A

**Germán Anzola Montero**

Rector - U.D.C.A

**Gisela Daza Navarrete**

Vicerrectora de Investigaciones - U.D.C.A

**Edgar Martínez Granja**

Decano Facultad de Ingenierías - U.D.C.A



## ~ CÍTESE COMO ~

IDEAM, U.D.C.A., 2015. Protocolo para la identificación y evaluación de la degradación de suelos por erosión. IDEAM - MADS -U.D.C.A Bogotá D.C., Colombia., 170 págs. Versión 2.

Publicación aprobada por el IDEAM, Diciembre de 2015, Bogotá D.C., Colombia.

ISBN: 978-958-8067-80-3 / Distribución Gratuita

**2015, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM.** 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 IDEAM.

Impreso en Colombia – Printed in Colombia



## **AUTORES**

**Omar Franco Torres / Reinaldo Sánchez López / Javier Otero García  
Nicolás Cocomá Arciniegas / Carlos Eduardo Gómez Sánchez**

## **EQUIPO DE TRABAJO GRUPO DE SUELOS Y TIERRAS IDEAM - UNIVERSIDAD DE CIENCIAS APLICADAS Y AMBIENTALES U.D.C.A**

**María Angélica Fernández / Paula Hernández Marroquín /  
Alejandro Salamanca García / Daniel Gama Beltrán / Julio  
César Álvarez Peña / Edson Giovanni Urrego Marroquín /  
Milton Antonio Camacho / Luis Joel Martínez**

## **COORDINACIÓN Y SUPERVISIÓN**

**María Saralux Valbuena López**

Subdirectora de Ecosistemas e Información Ambiental - IDEAM

**Reinaldo Sánchez López**

Coordinador Grupo de Suelos y Tierras

*Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental - IDEAM*

**Javier Otero García**

Apoyo Coordinación

**Blanca Imelda Montañez Orozco**

Coordinadora Técnica U.D.C.A

## **FOTOGRAFÍA**

**Diego Cortés Guzmán / Fotógrafo**

**Grupo de Suelos y Tierras**

*Subdirección de Ecosistema e Información Ambiental*

*IDEAM 2015*

## SIGLAS, ACRÓNIMOS Y CONVENCIONES

**CAR** - Corporaciones Autónomas Regionales

**CDB** - Convención Diversidad Biológica

**CLC** - Corine Land Cover

**COP** - Conferencia de las Partes

**DANE** - Departamento Administrativo Nacional de Estadística

**DEM** - Modelo Digital de Elevación

**DST** - Degradación de Suelos y Tierras

**DT** - Degradación de Tierras

**EOT** - Esquema de Ordenamiento Territorial

**FAO** - Food and Agriculture Organization of the United Nations (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación)

**FPEIR** - Modelo metodológico de Fuerzas motrices - Presiones - Estado - Impactos - Respuestas

**GSS** - Gestión Integral Ambiental del Suelo. Plan de formulación de política pública para los suelos y las tierras en Colombia

**Ha** - Hectárea

**ICV** - Índice de Calidad de Vida

**IDEAM** - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales

**IGAC** - Instituto Geográfico Agustín Codazzi

**LADA** - Land Degradation Assessment in Dryland (Evaluación de la degradación de las tierras secas)

**MADS** - Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

**MAVDT** - Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

**NBI** - Necesidades Básicas Insatisfechas

**PAN** - Plan de Acción Nacional de Lucha contra la Desertificación y la Sequía

**PIB** - Producto Interno Bruto

**PM&SDST** - Programa de Monitoreo y Seguimiento a la degradación de Suelos y Tierras

**POMCA** - Plan de Ordenamiento y Manejo de Cuencas Hidrográficas

**POT** - Plan de Ordenamiento Territorial

**SIAC** - Sistema de Información Ambiental de Colombia

**SIG** - Sistema de Información Geográfica

**SIGOT** - Sistema de Información Geográfica para la Planeación y el Ordenamiento Territorial

**SINA** - Sistema Nacional Ambiental

**SUT** - Sistema de uso de la Tierra (LUS)

**TUT** - Tipo de uso de la Tierra (LUT)

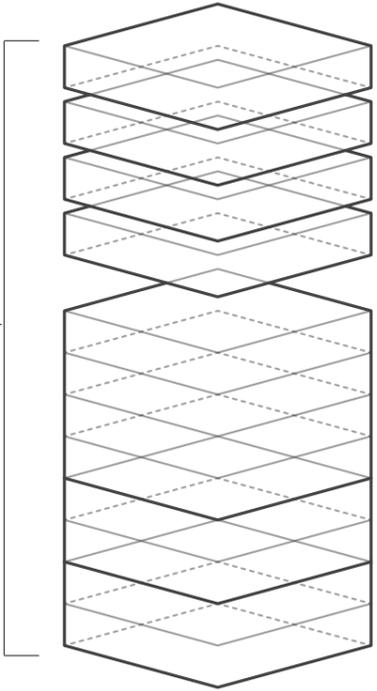
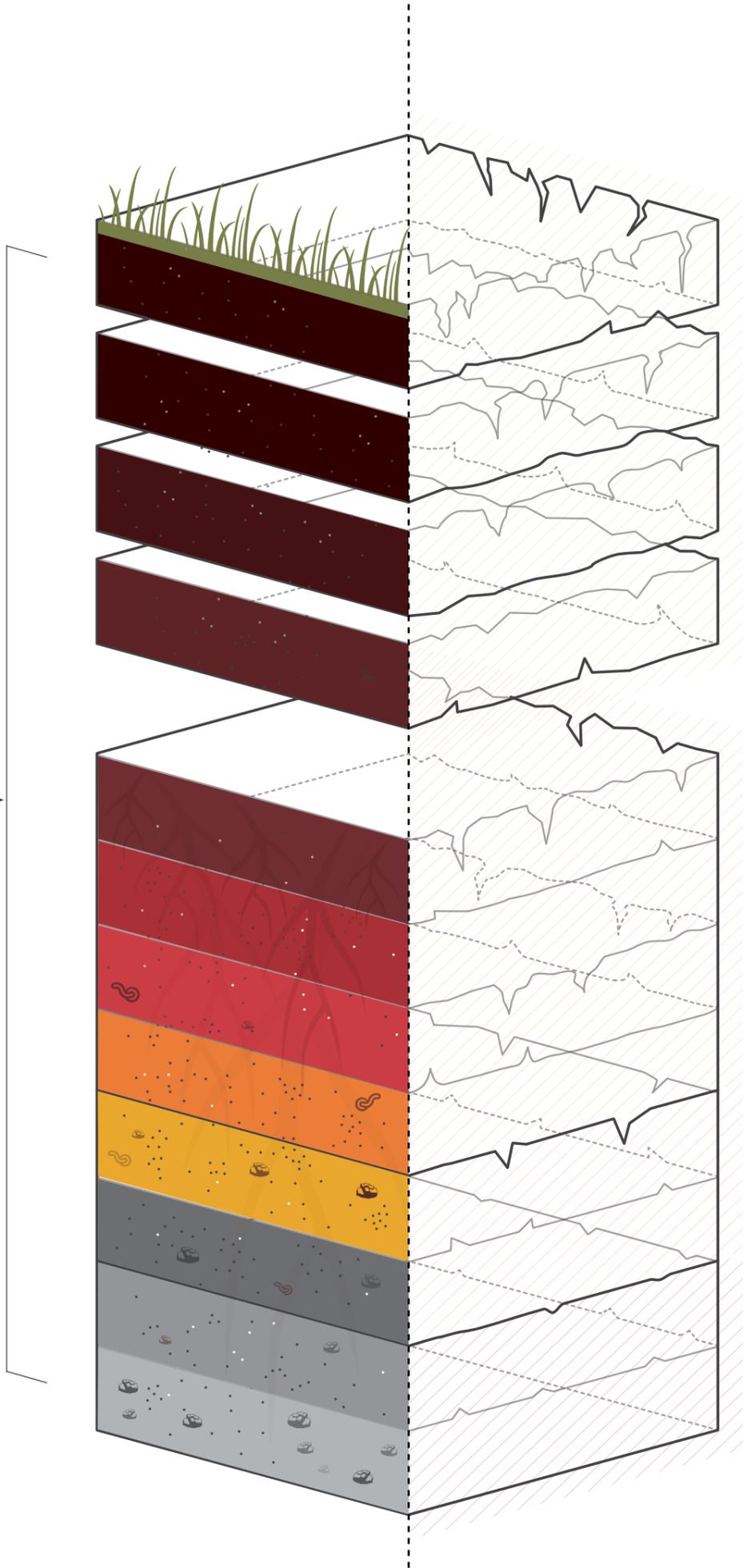
**U.D.C.A** - Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales

**UNCCD - CLD** - Convención de Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación y la Sequía

**UNCMCC** - Convención Marco sobre el Cambio Climático de Naciones Unidas

**USDA** - U.S. Department of Agriculture (Departamento de Agricultura de Estados Unidos)

# PERFIL DE SUELO





# PRÓLOGO

Los procesos de degradación de los suelos son dinámicos, crecientes y de preocupación mundial. Colombia, a través de su institucionalidad, especialmente por el Sistema Nacional Ambiental, SINA, en cabeza del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - MADS, los institutos de investigación y la academia, han decidido fortalecer las acciones para la gestión sostenible de los suelos en Colombia.

La política para la gestión sostenible de los suelos, recientemente aprobada, en una de sus estrategias prevé el monitoreo y seguimiento del estado de la calidad de los suelos en Colombia. La degradación de los suelos es uno de los procesos que afecta la calidad y por tanto se convierte en uno de los retos para la gestión sostenible de los mismos, en el corto y mediano plazo.

El IDEAM, en el marco de sus funciones, lidera la elaboración de uno de los instrumentos para el monitoreo y seguimiento del estado de la calidad de los suelos, como son los protocolos para la identificación, análisis y evaluación de la degradación de los suelos.

En esta oportunidad y con el aporte del MADS, los institutos de investigación, las Corporaciones Autónomas Regionales, la academia y la sociedad en general, se presenta al país el documento metodológico *Protocolo para la identificación y evaluación de la degradación de los suelos por erosión*.

El propósito del protocolo es ofrecer los lineamientos de planificación y técnicos para que se establezcan las líneas base de la degradación de los suelos por erosión a nivel nacional, regional y local, las cuales darán inicio al monitoreo y seguimiento de la degradación de los suelos por erosión, en el marco de la gestión sostenible de los suelos, en Colombia, desde un enfoque ecosistémico e integral, buscando su conservación y una coherencia desde lo conceptual, metodológico y procedimental, en el diagnóstico. El protocolo recoge el marco conceptual para el

monitoreo y seguimiento de la degradación de suelos por erosión a nivel mundial y del proyecto LADA, el conocimiento, las técnicas y las experiencias internacionales y nacionales, aplicables a nuestro medio.

El documento presenta las fases, etapas y actividades enmarcadas en el modelo conceptual de los indicadores, FPEIR (Fuerzas motrices, Presiones, Estado, Impactos y Respuestas), el cual presenta los instrumentos, las técnicas y las actividades que permiten identificar las fuerzas motrices, las presiones o tensores, naturales o antrópicos, que causan la degradación por erosión; de igual manera, establece lineamientos para caracterizar y evaluar el estado de la degradación y su representación espacial mediante la zonificación de los procesos para un momento determinado; así mismo, para evaluar el impacto y los efectos de los procesos de degradación en los suelos, en los ecosistemas y en las actividades socioeconómicas relacionadas; igualmente, brinda información sobre las herramientas para coleccionar y evaluar las respuestas, es decir, la gestión que se está realizando en el país, a diferentes niveles, para la prevención o mitigación de la degradación de los suelos por erosión.

El documento presenta una propuesta de indicadores y sus alternativas, de acuerdo con la disponibilidad de información, que permiten la evaluación y priorización de acciones para la toma de decisiones.

Se espera que este documento sea el referente para elaborar las líneas bases de nivel regional y local y, en adelante, el monitoreo y seguimiento de los procesos de degradación de los suelos en Colombia, en el marco de la gestión sostenible de los mismos. ■

**Omar Franco Torres**  
Director del IDEAM



"La nación que destruye su suelo se destruye a sí misma".

-Franklin D. Roosevelt.

# A

## CONTEXTO GENERAL

Págs. 14~45

- 1 Introducción
- 2 Antecedentes y justificación
- 3 Alcance
- 4 Objetivos
- 5 Marcos de referencia

- 1 Pág. 16
- 2 Pág. 18
- 3 Pág. 24
- 4 Pág. 30
- 5 Pág. 32

# B

## METODOLOGÍA

Págs. 46~155

- 1 Estructura metodológica
- 2 Fase de zonificación
- 3 Fase de caracterización
- 4 Fase de análisis y evaluación

- 1 Pág. 48
- 2 Pág. 56
- 3 Pág. 102
- 4 Pág. 140

IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA  
DEGRADACIÓN DE SUELOS POR EROSIÓN

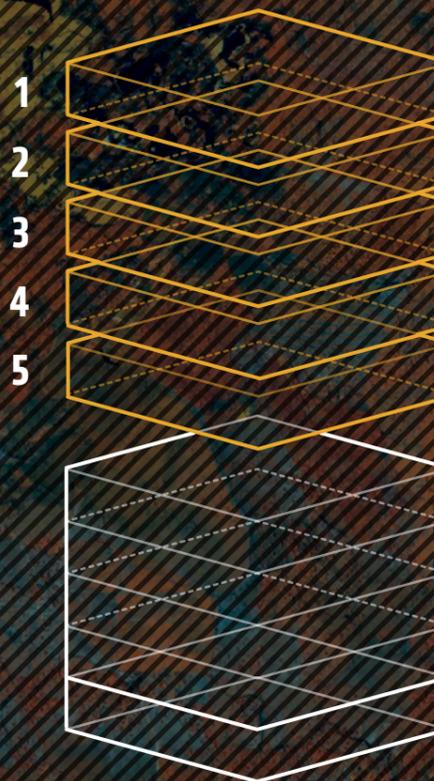
PROTOCOLO

CAPÍTULO

A

# CONTEXTO GENERAL

MADS | IDEAM | U.D.C.A



INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

ALCANCE

OBJETIVOS

MARCOS DE REFERENCIA

# 1. INTRODUCCIÓN

En la Cumbre Mundial de las Naciones Unidas sobre Desarrollo Sostenible, celebrada en Johannesburgo en septiembre de 2002, se reafirmó que la degradación de las tierras era uno de los principales desafíos del medio ambiente mundial y el desarrollo sostenible en el siglo XXI, y se pidió a los países adoptar medidas para "...hacer frente a las causas de la desertificación y la degradación de los suelos, con el fin de conservar y recuperar las tierras y luchar contra la pobreza resultante de estos procesos".

En Colombia, a través del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, se planteó el programa de Monitoreo y Seguimiento de la degradación de los suelos que permite identificar y evaluar los procesos actuales y formular

políticas y acciones para frenar y recuperar los suelos degradados. Este programa requiere de un alto compromiso institucional y la competencia de las entidades encargadas de realizar los estudios y acciones sobre esta temática. Entre las instituciones se resaltan el IDEAM, el IGAC, el INCODER, universidades, centros de investigación y, en particular, las corporaciones autónomas regionales y de desarrollo sostenible y demás autoridades ambientales, responsables de la vigilancia y control de los recursos naturales.

El IDEAM presenta al país el *Protocolo para la identificación y evaluación de la degradación de los suelos por erosión* como uno de los instrumentos para el monitoreo y seguimiento del estado de la calidad de los suelos, el cual

contiene el conjunto de acciones, procedimientos, métodos y técnicas que permiten identificar y evaluar la degradación de suelos por erosión, en un área con características determinadas.

Este documento se ha estructurado en dos grandes componentes: el primero, llamado de "Contexto general", que trata los temas de antecedentes y justificación, alcance, objetivos y el desarrollo de los marcos: conceptual, de referencia metodológica y de planificación, y el segundo, llamado "Metodología", donde se desarrolla el protocolo por medio de los métodos, técnicas e instrumentos de las actividades a realizar en cada una de las fases y etapas para la zonificación, caracterización, análisis y evaluación de la degradación de suelos por erosión. ■

## 2. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

Colombia ha adquirido una serie de compromisos al decidir su adhesión a las convenciones internacionales de las Naciones Unidas relacionadas con el Cambio Climático (UNCMCC), la Lucha contra la Desertificación y la Sequía (UNCCD) y la Diversidad Biológica (CDB), las cuales buscan adoptar las medidas adecuadas para la conservación de los recursos naturales, la utilización sostenible de los mismos, mitigar los efectos adversos en beneficio de las generaciones presentes y futuras y la participación justa y equitativa de los beneficios que de ello se deriven.

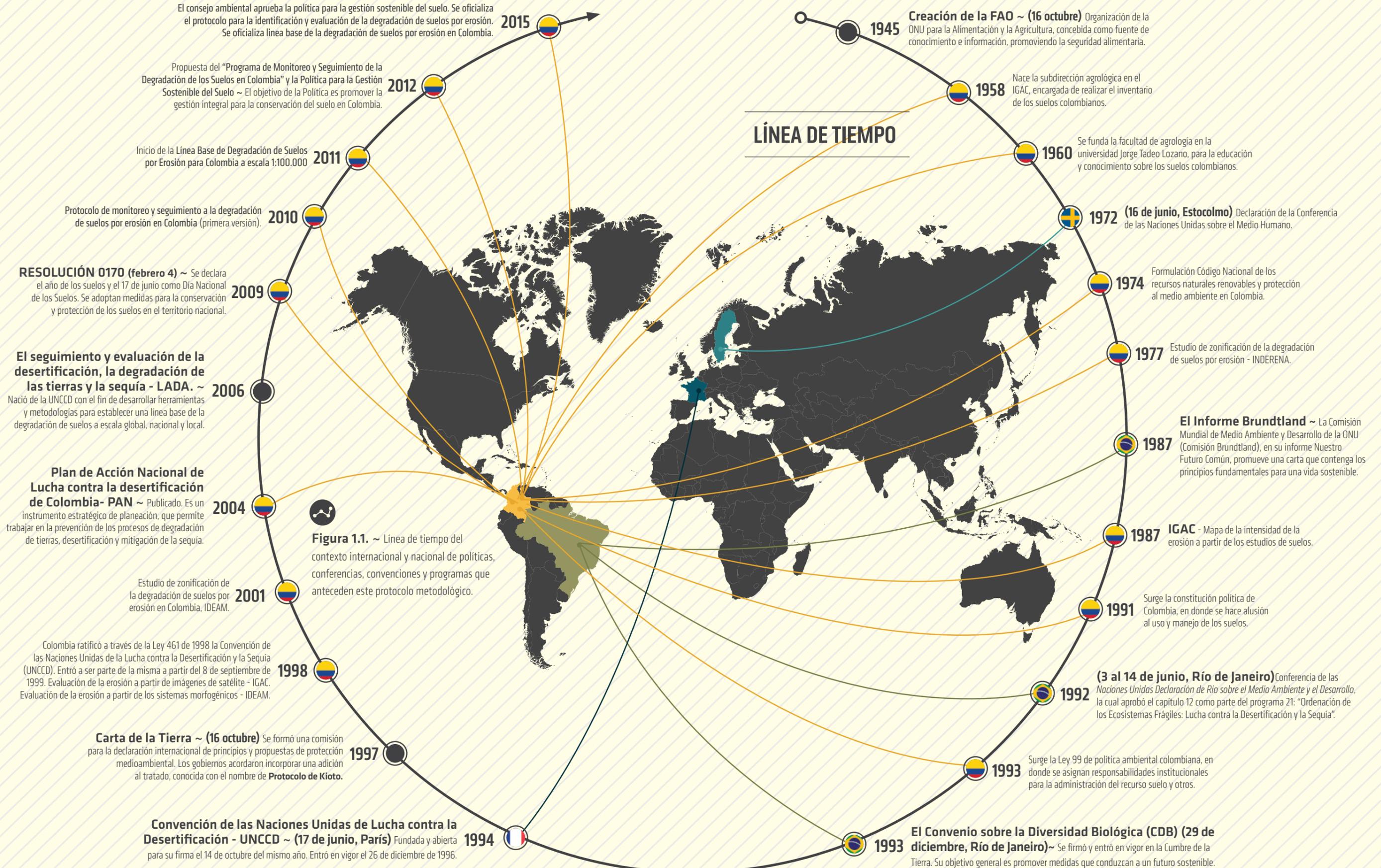
El Convenio sobre la Diversidad Biológica CDB, formulado el 5 de junio de 1992 en Río de Janeiro, fue aprobado para Colombia por medio de la Ley 165 de 1994, con el objetivo de promover el desarrollo sostenible. Este convenio se concibe como una herramienta práctica, que busca traducir los principios de

la Agenda 21; se reconoce la diversidad biológica como un concepto que no solo involucra las plantas, animales, organismos y ecosistemas, sino que relaciona también a personas, comunidades, seguridad alimentaria, salud, calidad de los recursos y ambiente limpio.

La Convención Marco sobre el Cambio Climático, UNCMCC, establece una estructura general para unir esfuerzos intergubernamentales encaminados a resolver el desafío de estos cambios, donde 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, de conformidad con las disposiciones pertinentes de la Convención, la estabilización de la concentración de gases efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antro-

pógenas peligrosas en el sistema climático. 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”.

La UNCMCC fue aprobada en mayo de 1992, y entró en vigor el 21 de marzo de 1994. 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. El gobierno nacional, en 2003, formuló el Conpes 3242, relacionado con la estrategia nacional para la venta de servicios ambientales de mitigación del cambio climático, y generó los lineamientos esenciales para la introducción de los proyectos de mecanismos de desarrollo limpio.



**Figura 1.1.** ~ Línea de tiempo del contexto internacional y nacional de políticas, conferencias, convenciones y programas que anteceden este protocolo metodológico.

Por otro lado, la comunidad internacional desde hace tiempo ha reconocido que la desertificación, entendida como degradación de las tierras secas, es un problema de importancia económica, social y ambiental que concierne a muchos países en todas las regiones del mundo. La meta de la Convención de Lucha contra la Desertificación y la Sequía (UNCCD) es forjar una alianza mundial para revertir y prevenir la desertificación y la degradación de las tierras, y mitigar los efectos de la sequía en las zonas afectadas, a fin de apoyar la sostenibilidad ambiental y reducir la pobreza. La UNCCD fue adoptada el 17 de junio de 1994 en París y entró en vigor el 26 de diciembre de 1996. Mediante la Ley 461 del 4 de agosto de 1998 Colombia aprobó su incorporación a la Convención de Lucha contra la Desertificación y la Sequía (UNCCD). Así, a partir del 8 de septiembre de 1999 pasó a ser parte de los 196 países adherentes.

Entre los más importantes compromisos internacionales se encuentran la formulación y ejecución del Plan de Acción Nacional de Lucha contra la Desertificación (PAN) y la aplicación de las decisiones emanadas de las Conferencias de las Partes (COP) de la UNCCD. El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, conjuntamente con las entidades del SINA, otras entidades relacionadas con el tema y la sociedad civil, formularon entre 2002-2004 el PAN, el cual fue aprobado por el Consejo Nacional Ambiental el 13 de diciembre de 2004 y cuyo objetivo es “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”.

Colombia formula el Código nacional de los recursos naturales renovables y protección al medio ambiente mediante el Decreto Ley 2811 de 1974, en el cual se establecen normas sobre: la tierra y los suelos, el suelo agrícola, de los usos no agrícolas de las tierras, del uso y conservación de los suelos, de los distritos de conservación de suelos y de las facultades de la administración; entre las cuales se destaca para este protocolo la de velar por la conservación de los suelos para prevenir y controlar, entre otros fenómenos, los de erosión, degradación, salinización o revenimiento (Artículo 181) (ver figura 1.1).

De otra parte, en Colombia se han venido realizando estudios sobre los procesos de erosión, que en su mayoría son de orden académico. Entre los estudios a nivel nacional se destacan los realizados por el extinto Indereña en 1977, el IGAC en 1988 y 1998 y el IDEAM en 2001, los cuales coinciden en que el país presenta entre 50-55% con algún grado de erosión. Sin embargo, los datos de los diferentes

grados de erosión no coinciden en su secuencia temporal, y esto imposibilita el análisis de la evolución de la degradación, su seguimiento y monitoreo. Estas discrepancias se deben a diferencias de metodología, terminología y cobertura de información. A pesar de esto, los datos disponibles indican que tanto la erosión como la salinización son problemas de gran importancia y magnitud en el territorio nacional y que es necesario estandarizar conceptos, metodologías y procedimientos para su diagnóstico.

En el portafolio de programas y proyectos que implementa el PAN se planteó el programa “Monitoreo y seguimiento de la degradación de suelos en Colombia: por erosión, salinización y desertificación en la gestión ambiental nacional y el cambio climático”. En desarrollo de dicho programa, la primera fase contempla la definición de los métodos y protocolos para la identificación y evaluación de la degradación de suelos por los procesos actuales y potenciales de erosión, salinización y

desertificación. El presente documento es uno de los primeros productos, fruto del desarrollo de este programa

El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM, viene liderando desde el 2010 el proceso de implementación del Programa de Monitoreo y Seguimiento de la degradación de los suelos del país PM&SDS, en cumplimiento de los artículos 4 y 5 del Decreto 291 del 2004 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Sostenible, que reestructura al IDEAM y designa a la Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental las funciones de:

**4. Obtener, almacenar, analizar, estudiar, investigar, procesar y divulgar la información básica sobre aspectos biofísicos, geomorfología, biogeodinámica y morfodinámica de los suelos y las tierras, cobertura vegetal y ecosistemas para el manejo y aprovechamiento de los recursos biofísicos de la Nación desde una visión ecosistémica.**

**5. Efectuar el seguimiento de los recursos biofísicos de la Nación, especialmente en lo referente a los aspectos bióticos, biogeopedológicos**

**cos y ecosistémicos, en particular la relacionada con recursos forestales y conservación de suelos, necesarios para la toma de decisiones de las autoridades ambientales.**

En este sentido, el país requiere de un programa de monitoreo y seguimiento de la degradación de los suelos que genere datos confiables para formular una política sobre la conservación de los mismos y tomar decisiones acertadas para el control y prevención de los procesos de degradación como factor importante en la producción agropecuaria y en la prestación de servicios ambientales que contribuyen a la regulación de fenómenos como el cambio climático y la desertificación.

El Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible, MADS, junto con los institutos del SINA y la Universidad Nacional, han formulado la Política Nacional para la Gestión Sostenible del Suelo (MADS, 2015), la cual fue aprobada por el Consejo Nacional Ambiental el 13 de agosto de 2015. En esta política se establecen las seis líneas estratégicas para su ejecución.

La línea estratégica 4 está relacionada con el monitoreo y seguimiento a la calidad de los suelos, y tiene como objetivo fundamental desarrollar los mecanismos y acciones que permitan implementar programas para evitar y mitigar los efectos de la degradación del suelo en Colombia.

En el marco de desarrollo de este programa, el MADS, el IGAC y el IDEAM trabajaron en el año 2010 sobre la elaboración del Protocolo de Identificación y Evaluación de los procesos de degradación de suelos por erosión, y se consideraron los niveles nacional, regional y local, documento que se constituyó en el soporte principal para la elaboración de la “Línea Base de la Degradación de Suelos por Erosión en Colombia” a escala 1:100.000 (IDEAM – MADS, 2014). A partir de la validación de este Protocolo mediante su aplicación, fue necesario hacer adaptaciones y ajustes de la metodología que motivaron la elaboración de esta segunda versión del *Protocolo para la identificación y evaluación de la degradación de suelos por erosión* IDEAM – MADS, 2015. ■

~ Al revisar los estudios realizados sobre degradación de suelos por erosión, se evidencia que a nivel de país la información en esta materia es escasa y presenta discrepancias entre los estudios disponibles debido a diferencias de metodología, terminología y cobertura de información. Esto imposibilita el análisis de la evolución de la degradación, o seguimiento. Es necesario estandarizar conceptos, metodologías y procedimientos para su diagnóstico. ~

# 3. ALCANCE

La medición, vigilancia y control de los procesos de degradación de suelos y tierras son fundamentales en el desarrollo del país, en particular en el mantenimiento del equilibrio ambiental y la sostenibilidad económica y social.

El programa nacional de monitoreo y seguimiento de la degradación de suelos y tierras en Colombia liderado por el MADS y el IDEAM tiene como propósito disponer de información oportuna y de excelente calidad del estado actual de degradación de los suelos para la toma de decisiones con respecto a la prevención, manejo sostenible y restauración o rehabilitación de los suelos del país

El monitoreo es la medición de las características ambientales en un periodo de tiempo largo para determinar el estado o tendencias en algún aspecto de la calidad ambiental (Noon, 2003). El seguimiento está referido a

los procesos analíticos realizados con los datos aportados por el monitoreo, tomados de forma sistemática y continua por lo menos en dos periodos de tiempo. El monitoreo del primer periodo es considerado como la línea base de la degradación de suelos sobre la que se debe hacer el seguimiento en el corto, mediano y largo plazo.

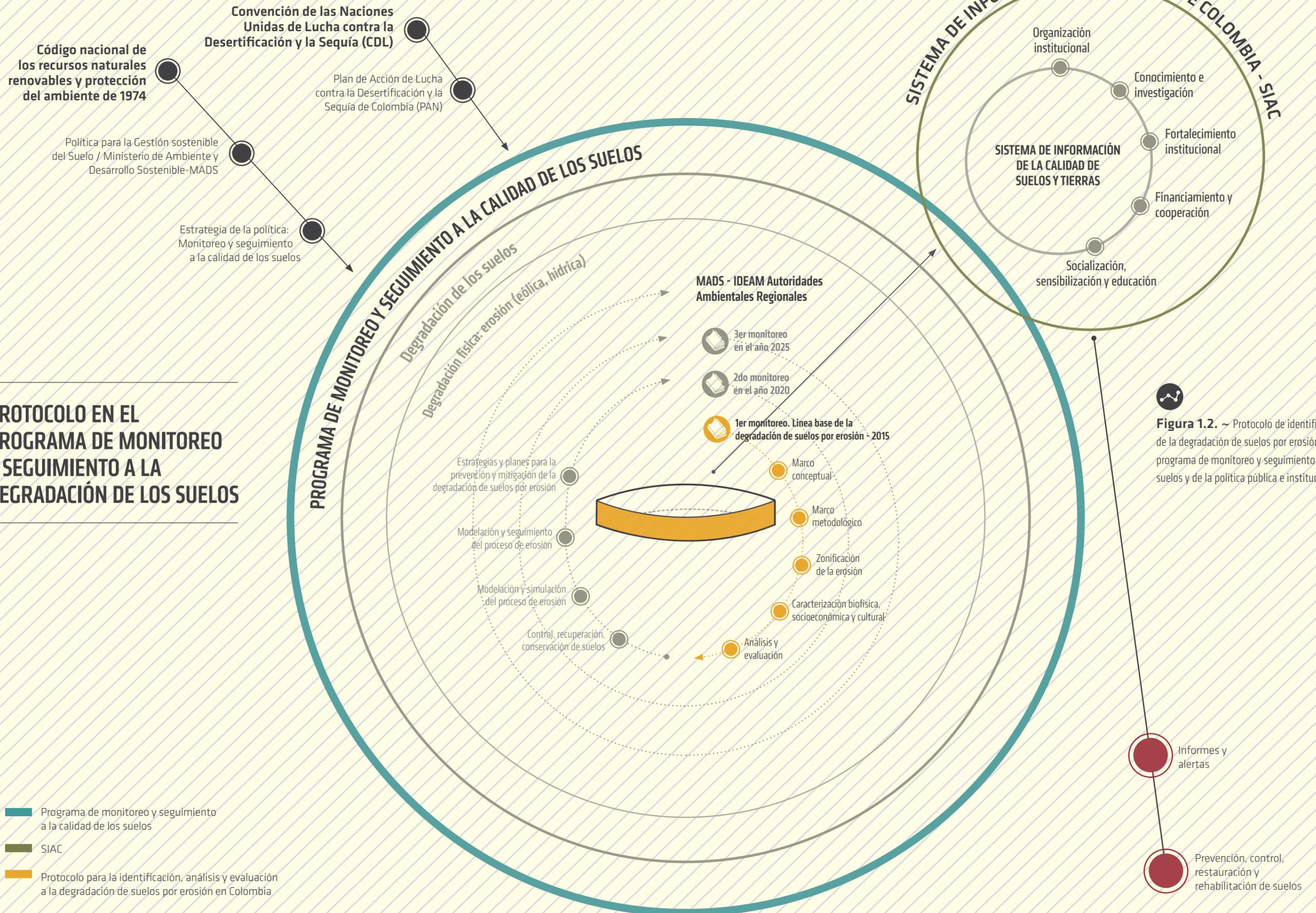
El protocolo para la identificación y evaluación de la degradación de suelos por erosión que conforma este documento está enmarcado en el programa de seguimiento y monitoreo a la calidad de los suelos y, dentro de este, en la degradación de suelos por erosión, como se puede apreciar en la **figura 1.2**. En ella se resaltan con color amarillo las fases de zonificación, caracterización, análisis y evaluación, las cuales son el alcance del mismo.

Las fases de estrategias o planificación de manejo ambiental de la erosión

o de conservación de suelos, la de modelamiento y simulación y control y seguimiento serán objeto de un desarrollo mayor posterior, de acuerdo con los avances de la estrategia para el monitoreo y seguimiento de la calidad de los suelos, en el marco de la Política para la Gestión Sostenible del Suelo, la gestión ambiental de los suelos a nivel nacional y regional y el desarrollo del Sistema de Información Ambiental de Colombia SIAC.

El estudio de la degradación de suelos considera la identificación y zonificación de los procesos de erosión y el análisis y evaluación de las causas que lo producen y las consecuencias en los aspectos económicos, sociales y ecológicos.

Este protocolo incluye los métodos, procesos y técnicas para adelantar el estudio de la degradación de suelos por erosión y explica cómo recolectar, manejar, analizar y reportar datos, orientados a garantizar la eficiencia y eficacia del





programa de monitoreo y seguimiento de la degradación de suelos por erosión. El protocolo es necesario para asegurar unos resultados comparables de la degradación de suelos por erosión entre las diferentes unidades de análisis (espaciales) en un momento dado y en las escalas espacio-temporales cuando se comience el seguimiento a partir de la línea base a escala regional producto del primer monitoreo y cuando se comparen los resultados con monitoreos posteriores sucesivamente.

Este protocolo está dirigido a quienes están encargados de difundir, ejecutar y desarrollar el monitoreo y seguimiento de los recursos naturales, especialmente a las autoridades am-

bientales, universidades y centros de investigación de los principales sectores de la producción nacional y comunidad científica, que estudien el suelo o trabajen con él y lleven a cabo actividades relacionadas con la identificación o seguimiento de los procesos de erosión. Igualmente, está dirigido a todas aquellas personas que lo consideren necesario para el mejor conocimiento y manejo técnico-científico sobre los procesos de erosión de suelos en el país. La promoción e implementación estará a cargo de las entidades del Sistema Nacional Ambiental SINA, en coordinación del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM.

Finalmente, cabe resaltar que los movimientos en masa, la erosión fluvial, la erosión de línea de costa y la glaciación no se consideran dentro de la definición de degradación por erosión adoptada debido a las diferencias con respecto a origen, magnitud y velocidad en que se desarrollan. La sedimentación, aunque hace parte del proceso geomorfológico de la erosión, no se considera para fines prácticos de este protocolo y, por su importancia, deberá ser objeto de un protocolo propio. Sin embargo, el transporte y la sedimentación se incluyen en la evaluación de impactos ambientales y socioeconómicos que generan los procesos erosivos. ■

# 4. OBJETIVOS

## 4.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar, a partir de la revisión de bases conceptuales y metodológicas, los métodos, procesos y técnicas para adelantar la zonificación y evaluación de la degradación de los suelos por erosión a escalas nacional, regional y local, de cara a su monitoreo y seguimiento.

## 4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir el marco conceptual que sustente la metodología para la identificación, zonificación, caracterización y evaluación de la degradación de los suelos por erosión.
- Formular métodos para identificar, delimitar, calificar, analizar y evaluar la erosión de los suelos del país, a distintas escalas espaciales.
- Presentar los procesos, técnicas y herramientas más adecuadas para la identificación, zonificación, caracterización y evaluación de la degradación de suelos por erosión en los distintos niveles de análisis. ■

# 5. MARCOS DE REFERENCIA

## 5.1. MARCO CONCEPTUAL

### 5.1.1. CONCEPTOS DE SUELO, TIERRA Y DEGRADACIÓN

Aunque en algunos contextos los términos "suelo" y "tierra" son utilizados como sinónimos, su significado es diferente. Sin embargo, son dependientes en la medida en que si se degradan las calidades de los suelos, las tierras pierden su potencial de uso al perder sus funciones y servicios ecosistémicos; asimismo, su valor comercial y cultural puede volverse una amenaza para las infraestructuras y culturas.

Existen diversas definiciones de suelos. Sin embargo se traen a colación algunas desde diferentes disciplinas:

*El suelo es un componente fundamental del ambiente, natural y finito, constituido por minerales, aire, agua, materia orgánica, macro y microorganismos que desempeñan procesos*

*permanentes de tipo biótico y abiótico, cumpliendo funciones vitales para la sociedad y el planeta (MADS, 2015).*

Desde la ciencia del suelo, bajo la perspectiva científica edáfica o pedológica, y de acuerdo con la definición del USDA (1961, 1999), "es el medio natural para el desarrollo de plantas terrestres, ya sea que tenga o no horizontes discernibles". Las personas consideran al suelo importante porque sostiene a las plantas que nos proporcionan comida, fibras, medicinas y otras necesidades humanas, y porque filtra el agua y recicla desechos. El suelo cubre a la superficie terrestre de modo continuo, excepto en las áreas con afloramientos rocosos, de congelamiento perpetuo o de aguas profundas, o sobre los hielos de los glaciares.

En ese sentido, el suelo es "un cuerpo y sistema natural que comprende sólidos (minerales y materia orgánica), líquidos y gases que ocurren en la super-

ficie de la tierra, que ocupa un espacio, y que se caracteriza por uno o ambos de los siguientes: horizontes o capas que se distinguen del material inicial como resultado de las adiciones, pérdidas, transferencias y transformaciones de energía y materia o por la habilidad de soportar plantas enraizadas en un ambiente natural" (USDA, 2006).

La definición de tierra indica "un área delineable que reúne todos los atributos de la biósfera inmediatamente por encima o por debajo de la superficie terrestre, incluyendo el suelo, el terreno, la superficie hidrológica, el clima cerca de la superficie, los sedimentos y las reservas de agua asociadas, los recursos biológicos así como los modelos de establecimientos, humanos y la infraestructura resultante de las actividades humanas" (FAO, 2000).

Esta definición enfatiza los múltiples atributos de la tierra e, implícitamente, las relaciones funcionales/sistémicas que existen entre esos atri-

~ **El suelo es un componente fundamental del ambiente, natural y finito, constituido por minerales, aire, agua, materia orgánica, macro y microorganismos que desempeñan procesos permanentes de tipo biótico y abiótico, cumpliendo funciones vitales para la sociedad y el planeta (MADS, 2015).** ~

butos. El conocimiento de estas relaciones (entre clima, geomorfología, suelo, cobertura de la tierra, uso actual de la tierra, etc.) permite la identificación y delineación de las unidades de tierra para un inventario de recursos de tierras, especialmente con la ayuda de sensores remotos. Su comprensión también es esencial para el análisis de los procesos dinámicos que intervienen en la degradación de la tierra (LADA, 2003). El concepto de tierra tiene una fuerte relación con el concepto de "territorio" que considera las relaciones sociales y de pertenencia, asociadas con los procesos de ordenamiento y planificación territorial.

La degradación de las tierras es entendida como "la reducción en su capacidad para proporcionar bienes y servicios del ecosistema y garantizar sus funciones durante un periodo de tiempo para sus beneficiarios" (FAO, 1996). También, puede entenderse como el resultado de la acción de un conjunto de factores de índole tanto biofísica como antrópica que desencadenan procesos de alteración de cualidades y características de la tierra, entendiendo dentro de este concepto al conjunto de suelos, coberturas vegetales, fauna asociada y dotaciones de agua que exis-

ten dentro de determinados paisajes fisiográficos (León, 2002).

Según la Convención de las Naciones Unidas para la Lucha contra la Desertificación y la Sequía (UNCCD), la degradación de tierras se define como la incapacidad del recurso para sostener adecuadamente las funciones ecológicas y/o económicas originales del suelo, a partir de causas naturales o antrópicas (FAO, 1998 en LADA, 2003).

### 5.1.2. DEFINICIÓN DE DEGRADACIÓN DEL SUELO POR EROSIÓN

El término "erosión" proviene del latín *erosio*, *-ōnis*, que significa roedura. El diccionario de la Real Academia Española define este término como "1. desgaste o destrucción producidos en la superficie de un cuerpo por la fricción continua o violenta de otro", o como "2. desgaste de la superficie terrestre por agentes externos, como el agua o el viento" (RAE, 2010).

La degradación considera cambios negativos de una característica o propiedad. La definición de degradación de suelo por erosión corresponde a "la pérdida de la capa superficial de la corteza terrestre por acción del agua y/o del

viento, que es mediada por los seres humanos, y trae consecuencias ambientales, sociales, económicas y culturales". Esta definición será adoptada para el desarrollo del presente protocolo.

### 5.1.3. IMPORTANCIA AMBIENTAL DE LOS SUELOS

El suelo, como capa superior de la corteza terrestre, desempeña una serie de funciones claves tanto ecológicas como sociales y económicas, que resultan fundamentales para la vida. La capacidad de almacenaje, filtración, amortiguación y transformación convierte al suelo en uno de los principales factores para la protección del agua y el intercambio de gases con la atmósfera. Además, constituye un hábitat y una reserva genética, un elemento del paisaje y del patrimonio cultural, así como la fuente principal de materias primas y alimentos (CCE, 2002).

Con el fin de mantener las numerosas funciones del suelo, es necesario conservar en buen estado su calidad. Sin embargo, este recurso está cada vez más amenazado por las actividades humanas que contribuyen a su degradación y deterioro. El suelo es sometido a procesos de degradación como erosión, disminución de la materia orgánica, contaminación, sellado superficial, compactación, salinización y pérdida de biodiversidad, entre otros. Además, el cambio climático y la variabilidad climática están acelerando estos procesos de degradación (CCE, 2002).

El suelo constituye la base, en más del 90%, de la producción de alimentos, forraje, fibras y combustible, y desempeña otras funciones ecosistémicas vitales. Este participa en la dimensión espacial del desarrollo de los asentamientos humanos: la construcción de viviendas e infraestructuras, instalaciones recreativas y de eliminación de residuos. El suelo es una parte esencial del paisaje, conserva los restos del pasado y es un elemento importante del patrimo-

nio cultural. Sin embargo, es un recurso limitado y no renovable (a escala humana), y a diferencia de lo que ocurre con el aire y con el agua, el suelo no se recupera con facilidad de los daños que se le ocasionan (AEMA, 2002).

### 5.1.4. FUNCIONES Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE LOS SUELOS

Según La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (MEA) Los servicios ecosistémicos son los beneficios que la población obtiene de los ecosistemas. Estos incluyen soporte a la infraestructura, suministro, regulación y servicios culturales, que afectan directamente a las personas, además de los servicios de base necesarios para mantener los demás beneficios del suelo. Los cambios que experimentan estos servicios afectan el bienestar humano a través de los impactos en la seguridad alimentaria, las necesidades materiales básicas para el buen vivir, la salud y las relaciones sociales y culturales.

La degradación de los servicios que prestan los ecosistemas responde a muchas causas, entre ellas, la demanda excesiva de tales servicios producto del crecimiento económico, los cambios demográficos y las elecciones individuales (MEA, 2003). Los servicios ecosistémicos incluyen:

- La provisión de alimentos, agua, madera, fibras y recursos genéticos, esenciales para la población humana, la industria y la ciencia.
- La regulación del clima, las inundaciones, las pestes y enfermedades y la oferta y calidad del agua.
- Los servicios culturales tales como recreación y valores estéticos y espirituales o religiosos.
- Los servicios de soporte, tales como la formación de suelos y la polinización, entre otros (**ver figura 1.3**).

El suelo proporciona una gran variedad de servicios ecosistémicos que incluyen la provisión de alimentos, fibras y recursos genéticos, la moderación del ciclo hidrológico y climático, el soporte físico para las plantas, la retención y oferta de nutrientes para la vegetación, el procesamiento de desechos y materia orgánica muerta, el mantenimiento de la fertilidad edáfica, los servicios de soporte relacionados con la formación de suelos y los ciclos bioquímicos, la regulación del hábitat para una cantidad enorme de organismos que realizan algunas de estas funciones.

Así, por ejemplo, se estima que el contenido de carbono orgánico es 1,5 veces mayor al acumulado en la biomasa aérea (por encima del suelo), lo que lo convierte en el almacén de carbono más importante entre los sistemas terrestres (Balvanera *et al.*, 2009).

La degradación por erosión afecta las funciones y servicios de los suelos, y por lo tanto las de los ecosistemas, lo cual repercute seriamente en el bienestar humano, la cultura y la calidad de vida.

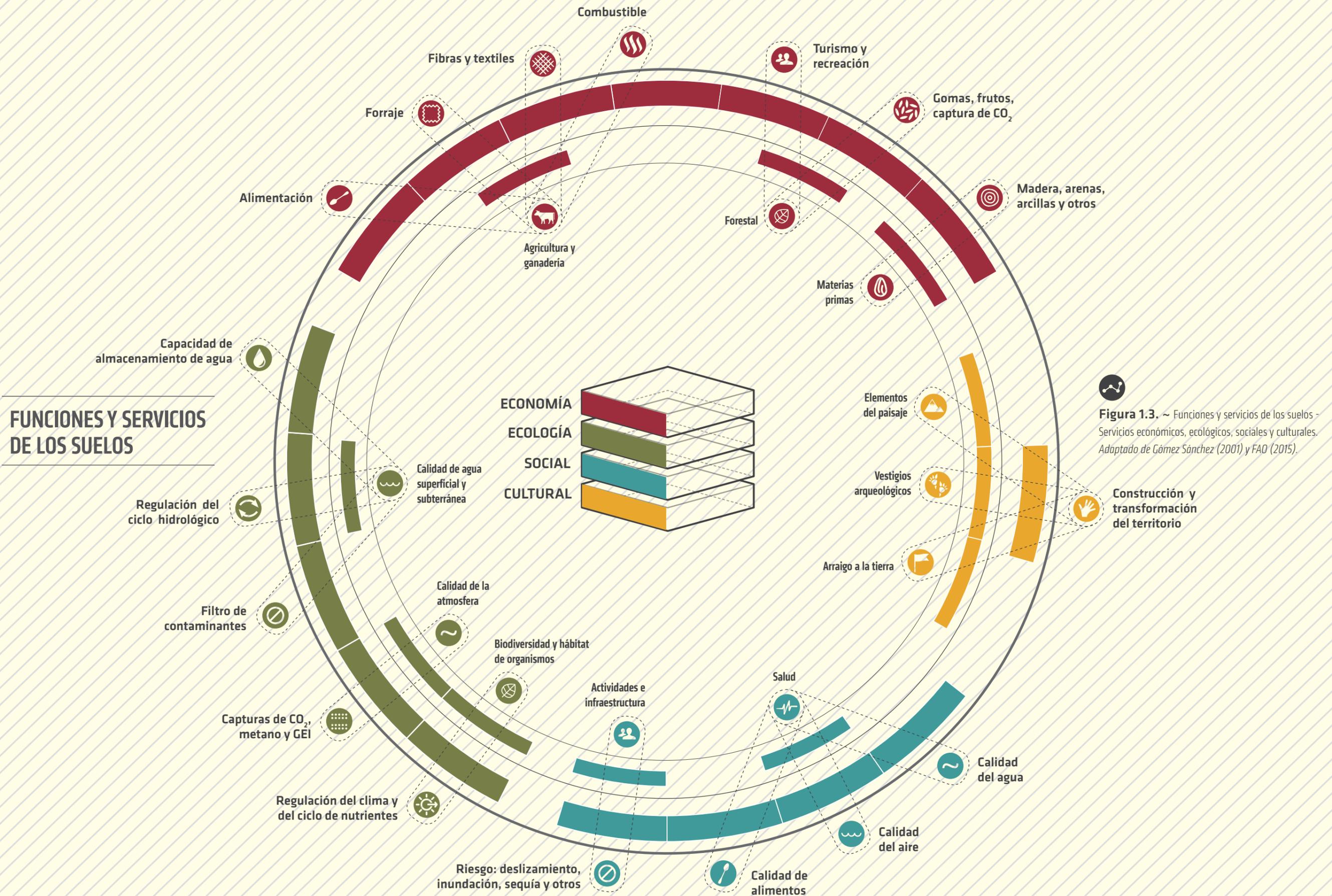
## 5.2. MARCO DE REFERENCIA METODOLÓGICA

La comprensión del estado actual de la calidad del recurso suelo frente al proceso de degradación por erosión está

relacionada con aspectos biofísicos, sociales, económicos y culturales, que deben verse de forma integrada. Esto quiere decir que no se entiende el proceso físico de la erosión sin comprender el medio en el cual se ha producido (ej., cambios en el uso de la tierra, el incremento de la población, prácticas tradicionales, actividades económicas, entre otras.) y las consecuencias que acarrea sobre la sociedad y el ambiente, en particular sobre las actividades productivas del ser humano. Esta visión integral es muy importante a la hora de tomar decisiones sobre el control, recuperación, conservación, uso y manejo sostenible de los suelos.

Los resultados de dos diagnósticos de la degradación de suelos por erosión de un país o municipio pueden ser diferentes de acuerdo con los conceptos y procedimientos metodológicos tenidos en cuenta en cada caso. La Convención de Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación y la Sequía CLD, con el ánimo de optimizar los resultados de los diagnósticos de la degradación de las tierras de los países miembros, solicitó a la FAO formular una metodología que considere el proceso de la degradación de suelos desde un análisis integral, que permita tener resultados comparables entre países, estados, departamentos, municipios y cuencas hidrográficas para hacer el seguimiento y monitoreo. Como resultado de esta inquietud reclamada

~ **La definición de degradación de suelo por erosión corresponde a "la pérdida de la capa superficial de la corteza terrestre por acción del agua y/o del viento, que es mediada por los seres humanos, y trae consecuencias ambientales, sociales, económicas y culturales"** ~



**Figura 1.3.** ~ Funciones y servicios de los suelos - Servicios económicos, ecológicos, sociales y culturales. Adaptado de Gómez Sánchez (2001) y FAO (2015).

por los países adheridos a la convención, se creó el proyecto LADA y se adoptó un modelo para el diagnóstico de la degradación de los suelos y las tierras, conocido como el modelo FPEIR, el cual es incluido en la metodología que propone en este protocolo.

### 5.2.1. PROYECTO EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE TIERRAS DE ZONAS ÁRIDAS - LADA

El proyecto Evaluación de la Degradación de Tierras en Zonas Áridas LADA (de sus siglas en inglés Land Degradation Assessment in Dryland) se desarrolla en cabeza de la FAO y responde a la necesidad de fortalecer el apoyo para el combate de la degradación de las tierras tal como ha sido previsto por la Convención de las Naciones Unidas.

El proyecto está dirigido a desarrollar herramientas y métodos para evaluar y cuantificar la naturaleza, extensión, severidad e impacto de la degradación de las tierras en los ecosistemas secos, con un rango de escalas espaciales y temporales. LADA tiene como tarea prioritaria el desarrollo de una metodología estandarizada para evaluar la degradación de las tierras en zonas áridas.

El proyecto LADA sigue un enfoque participativo, descentralizado, integrado e impulsado por cada país. Hace amplio uso de modelos de sensores remotos y otros medios modernos de generación, recolección y proceso de datos, así como de tecnologías para el establecimiento de redes y sistemas de comunicaciones a fin de compartir la información a nivel nacional e internacional (LADA, 2003).

La metodología utilizada para degradación de tierras, en el contexto de LADA/FAO, se fundamenta en el concepto de Sistema de Uso de la Tierra (SUT), que tiene como premisa: el uso de la tierra es la principal fuerza de la degradación de esta (LADA, 2007). El SUT está considerado como la unidad

básica de evaluación que contiene valiosa información (tanto biofísica como socioeconómica), referida al uso y prácticas de uso de las tierras. Como subdivisiones de los SUT, LADA recomienda utilizar el Tipo de Uso de la Tierra (TUT) para clasificar el uso de la tierra de forma específica, bajo la definición de las zonas críticas como son los *hot spots* (puntos o áreas de riesgo), los *bright spots* (áreas con desarrollo favorable) y otros sitios de muestra.

La evaluación de los procesos de degradación de tierras se realiza dentro de *spots* con toda la información técnica disponible (mapas, fotos, análisis de laboratorio, informes, experiencias de los actores locales, etc.) y será el insumo principal para la elaboración de los resultados y las recomendaciones. El proyecto LADA se ha implementado bajo el esquema de indicadores del modelo Fuerzas motrices – Presiones – Estado – Impactos – Respuestas (FPEIR), que es el método para el análisis y la evaluación de la degradación (LADA, 2007).

### 5.2.2. MODELO FPEIR

El modelo FPEIR (Fuerzas motrices, Presiones, Estado, Impactos y Respuestas) o DPSIR (Driven Forces, Preassure, State, Impact, Response, en sus siglas en inglés) es un sistema completo de organización de indicadores que permite comprender los diferentes factores que

intervienen en un proceso determinado; en el caso particular es aplicable a la degradación de suelos por erosión.

La metodología tiene una relación causal entre sus componentes, donde 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 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 (ver figura 1.4).

La metodología propuesta en este protocolo está relacionada con el proceso lógico de estudio de la erosión de suelos a distintas escalas 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 MADS, 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, cuya información debe alimentar el sistema de información (ver figura 1.2). En el momento de realizar el primer monitoreo dentro de 5 a 10 años, de acuerdo con las circunstancias, se inicia como tal el proceso del monitoreo y seguimiento, a partir de la lectura de los datos almacenados en el sistema de información y la comparación con los nuevos datos. Los resultados de estos procesos deben conducir a estrategias de control, conservación y recuperación de suelos, así como al modelamiento y simulación del proceso de degradación de suelos por erosión bajo escenarios de diferentes usos y manejos, efectos adversos de la variabilidad y cambio climático, entre otros.

## 5.3. MARCO DE PLANIFICACIÓN

### 5.3.1. PLANIFICACIÓN PRELIMINAR

Antes del estudio de la erosión (diagnóstico ambiental de la erosión), se realiza la planeación preliminar, momento en el que se definen aspectos jurídico-administrativos para la ejecución y cumplimiento de objetivos y metas, se establecen presupuestos y se consolida el equipo técnico de trabajo.

Los principios de este documento (FAO, 2003) están orientados a una implementación con las siguientes características:

- Metodología participativa que involucre actores (comunitarios, etnias, organizaciones, gremios, institucio-

~ El primer monitoreo corresponde a la línea base que se desarrolla en el contexto del Programa de Monitoreo y Seguimiento a la Degradación de los Suelos, cuya información debe alimentar el sistema de información ambiental SIAC. En 5 o 10 años un segundo monitoreo permite comparar con la línea base para ver la eficiencia y eficacia en la gestión del suelo. ~

nes, 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.

- En la escala local se debe dar relevancia al conocimiento y experiencia práctica de los actores locales, refiriendo las causas e impactos en las transformaciones del paisaje y en la degradación de los suelos.

- El énfasis en las funciones y bienes y servicios de los suelos proporciona información práctica sobre los aspectos económicos, ecológicos, sociales y culturales del suelo, relacionados con la degradación de suelos por erosión desde la exploración de causas, impactos y respuestas a estos.

- Con el enfoque multi e interdisciplinario se procura la comprensión de los procesos, causas y respuestas a la degradación de los suelos por erosión.

- La flexibilidad de implementación de la metodología propuesta es una pre-

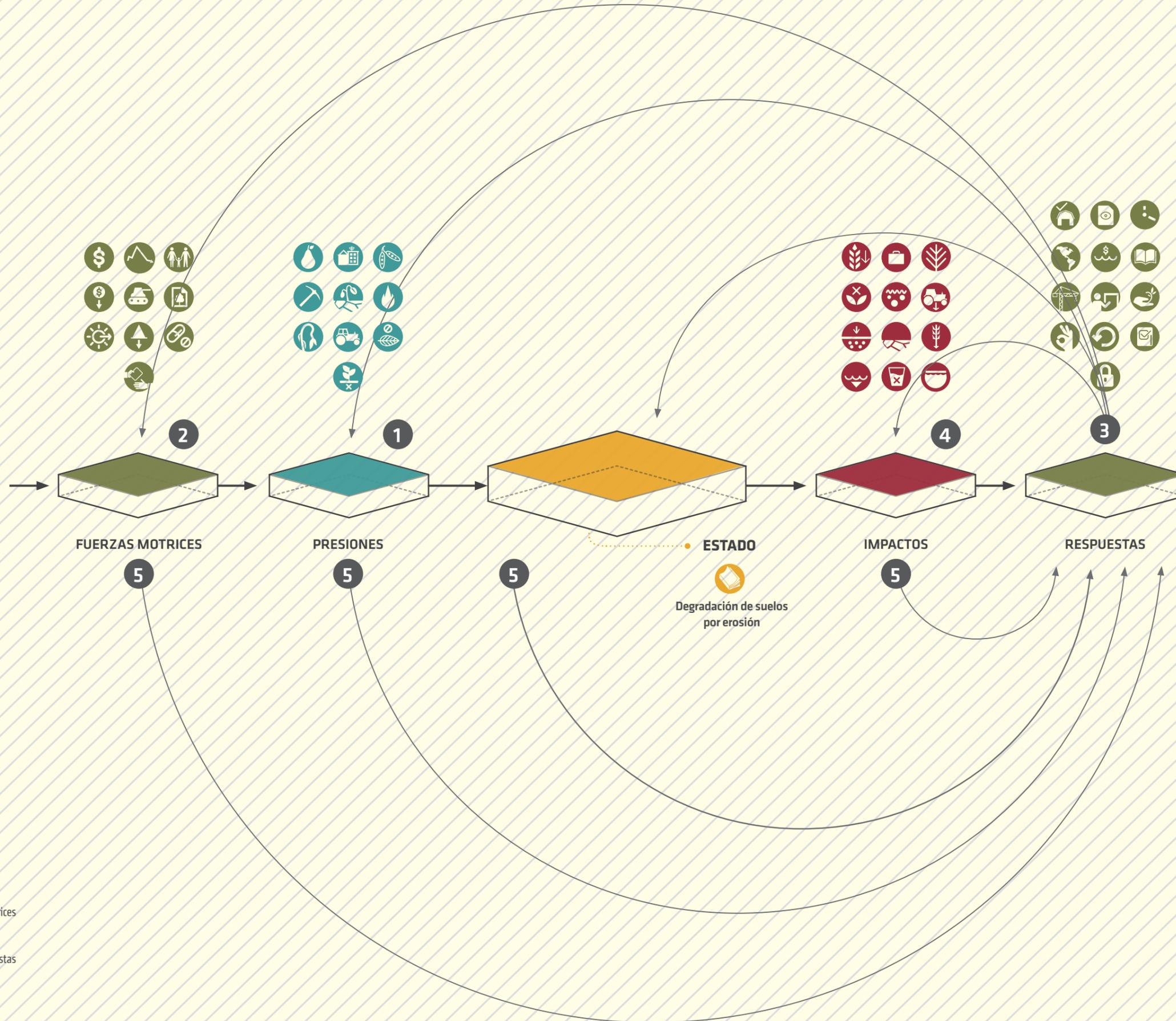
misa en el sentido de siempre hacer adaptaciones en procura de ajustar las fases, etapas y actividades a los contextos particulares de las unidades de análisis, de la información disponible y de las sugerencias de complementación al protocolo.

- El desarrollo de la implementación del protocolo debe estar basado en principios científicos sólidos, siempre tratando de actualizar las tecnologías requeridas, produciendo métodos y procedimientos simples y accesibles, pero a su vez lo suficientemente rigurosos para ser reproducibles en las diferentes escalas.

- El control de calidad permanente es prioritario. Aun cuando las metodologías estén armonizadas por los postulados LADA y avaladas por diversos actores, la implementación a diferentes escalas depende de la experiencia de los profesionales, de voluntades políticas y de la asignación de recursos e insumos, por lo cual se debe evaluar la calidad de los datos producidos, con el fin de estandarizar los resultados para que sean comparables en las escalas local, regional, nacional e internacional.

~ El modelo FPEIR es un sistema completo de organización de indicadores que permite comprender los diferentes factores que intervienen en un proceso determinado; en el caso particular es aplicable a la degradación de suelos por erosión. ~

**MODELO FPEIR**



**Figura 1.4.** ~ Modelo FPEIR o DPSIR. Fuente: *Elaboración propia, adoptado de LADA. IDEAM (2014).*

### 5.3.2. COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN

Los costos de implementación del presente Protocolo de monitoreo y seguimiento a la degradación de suelos por erosión dependen de diferentes factores como lo son el área de estudio, el nivel y la escala, las condiciones e infraestructura del área, la calidad y 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 de monitoreo y seguimiento a la degradación de suelos por erosión, se ha elaborado una tabla que referencia costos aproximados por km<sup>2</sup>, para la implementación de la 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. Para calcular el costo aproximado de implementación de este protocolo, se debe primero seleccionar la escala de trabajo y luego multiplicar el valor del smlv/km<sup>2</sup> 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 la unidad a trabajar (municipio, departamento, zona hidrográfica, región) vs. la escala elegida (ver tabla 1.1). Los insumos, la logística, el personal, la cantidad de talleres y reuniones, la calidad y cantidad de imágenes, 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, lo cual implica también un nivel de detalle mayor en la información primaria y secundaria. Las características de cada estudio hacen que una estrategia o

herramienta, la cantidad de trabajos de campo, el uso de drones, el perfil profesional del equipo y demás elementos sean determinados por la necesidad particular de los objetivos de cada proyecto.

### 5.3.3. EQUIPO DE TRABAJO E INSUMOS

Es fundamental la conformación de un equipo completo y multidisciplinario que cubra las tres fases metodológicas del protocolo (Zonificación, Caracterización y Análisis y Evaluación), desde el enfoque FPEIR. 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 importante anotar que se sugiere de base el trabajo de cinco intérpretes cartográficos para trabajos con escalas que priorizan la interpretación de imágenes de satélite, y dos expertos en el área social. En este sentido se estima un rendimiento aproximado de interpretación de tres hojas cartográficas al mes por intérprete, lo que indica que en un mes se abordarían 15 hojas cartográficas con un equipo de cinco personas en esta labor. Este es

un dato importante que les servirá a los tomadores de decisiones para estimar los presupuestos y tiempos de ejecución, motivo por el cual se presentan los costos por kilómetro cuadrado y se presentan los tiempos promedios de trabajo en el proceso de interpretación para la elaboración de la zonificación, siendo este un indicador de duración y de costo global del trabajo. A partir de la experiencia de ejecución de la línea base, en la **tabla 1.2** se relaciona el equipo profesional, los insumos y las fases de ejecución.

### 5.3.4. RESULTADOS ESPERADOS

El *Protocolo para la identificación y evaluación de la degradación de suelos por erosión* es la herramienta oficial de todas las instituciones y actores de Colombia para zonificar, caracterizar y evaluar estos procesos dentro del enfoque metodológico LADA. En este marco es fundamental que la implementación sea realizada de manera global y desde la interdisciplinariedad, con el fin de identificar las relaciones entre las fuerzas y presiones que causan la erosión y el estado de la calidad de los suelos, así como el impacto sobre el ambiente y las actividades económicas, sociales y culturales de la población (FAO, 2003). Es

Nivel de estudio	Escala	smlv/km <sup>2</sup>
Nacional regional	1:100.000	0,0035
Regional	1:50.000	0,0136
	1:25.000	0,0542
Local	1:10.000	0,2165



**Tabla 1.1.** ~ Costos estimados de implementación de este protocolo por km<sup>2</sup>.

Fase	Planeación inicial	Zonificación	Caracterización	Análisis y evaluación	
Profesionales	Profesionales expertos en degradación de suelos por erosión - Intérpretes para zonificación	X		X	
	Profesional experto en degradación de suelos para realizar el análisis y la evaluación de los procesos de degradación de suelos por erosión	X	X	X	
	Profesionales expertos en el área social - Análisis y evaluación socioeconómica y cultural de los procesos de degradación de suelos por erosión			X	X
	Profesional en control de calidad		X		X
	Profesional experto en sistemas de información geográfica		X	X	X
	Profesional en derecho para el apoyo jurídico	X	X	X	X
	Profesional para el apoyo del componente administrativo y de oficina	X	X	X	X
	Asistentes SIG	X	X	X	X
Formación	Capacitación, grupos de trabajo, talleres, cursos, conferencias	X	X	X	X
	Socialización	X	X	X	X
Información	Información y/o imágenes de sensores remotos		X		
	Información secundaria (meteorológica, de cobertura, ambiental, geomorfológica)		X	X	X
Campo	Trabajos de campo. Gastos de transporte aéreo, terrestre y viáticos (campo)		X	X	
Laboratorio	Análisis de laboratorio (en caso de requerirlo)		X		
Insumos	Papelería, materiales y publicaciones	X	X	X	X



**Tabla 1.2.** ~ Personal, insumos y rubros a tener en cuenta para la implementación del protocolo.



importante resaltar que esta no es una metodología agotada o estática, sino que se propone como un marco dinámico en el que es posible siempre incluir y complementar el trabajo con nuevas variables aplicadas a las unidades de análisis. Toda metodología presenta ventajas y desventajas; por eso es imprescindible permanecer en continua actualización de información y hacer uso de herramientas que combinen métodos cualitativos con cuantitativos, en procura de analizarlos desde las relaciones de los factores biofísicos y socioeconómicos, para que los resultados tengan una mayor atención en todos los niveles.

Se espera que todos los resultados que se obtengan de la implementación de este protocolo metodológico estén articulados con el PM&SDS, hoy Programa de monitoreo y seguimiento a la calidad de los suelos, como con las orientacio-

nes de la implementación de la Política Pública Política para la Gestión Sostenible del Suelo (PGSS) impulsada y liderada por el MADS. Es así como estos esfuerzos nacionales, regionales y locales deben, no solo conducir a una mayor articulación de toda la red de instituciones del SINA, sino convocar cada vez más a actores de la sociedad en general, que tengan injerencia o estén interesados en conocer más acerca de los problemas de la degradación de los suelos, para idear y aplicar acciones de respuesta.

Los resultados y productos de la implementación de este protocolo, que son Zonificación de la erosión, Caracterización por áreas de estudio y Análisis y Evaluación de los determinantes de la erosión, deberán ser socializados con los actores que participaron en algunas de las etapas o fases, así como con otros actores en los diferentes niveles (nacional, regional y

local), con el fin de recibir una retroalimentación para el ajuste de la metodología, los análisis y las evaluaciones.

Los reportes (estadísticos, *shapes*, mapas, datos, gráficos) deberán ser objeto de discusión y circulación para sensibilizar sobre la degradación de suelos, con el propósito de obtener la mayor utilidad de estos para la toma de decisiones y la continuidad en el monitoreo y seguimiento a diferentes escalas. Los ajustes continuos para la adaptación de las condiciones particulares de cada estudio son imprescindibles. Finalmente, es importante mantener el diálogo con cada una de las partes involucradas en el monitoreo y seguimiento a la degradación de suelos, con el fin de tener una continua retroalimentación, donde se dé una gran participación y se compartan las experiencias a nivel internacional, nacional, regional y local, siempre en aras de buscar soluciones conjuntas. ■

IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA  
DEGRADACIÓN DE SUELOS POR EROSIÓN

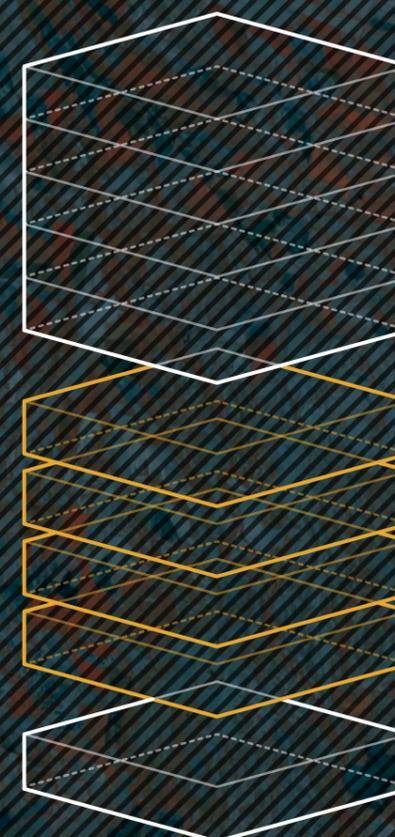
PROTOCOLO

CAPÍTULO

B

# METODOLOGÍA

MADS | IDEAM | U.D.C.A



ESTRUCTURA METODOLÓGICA

FASE DE ZONIFICACIÓN

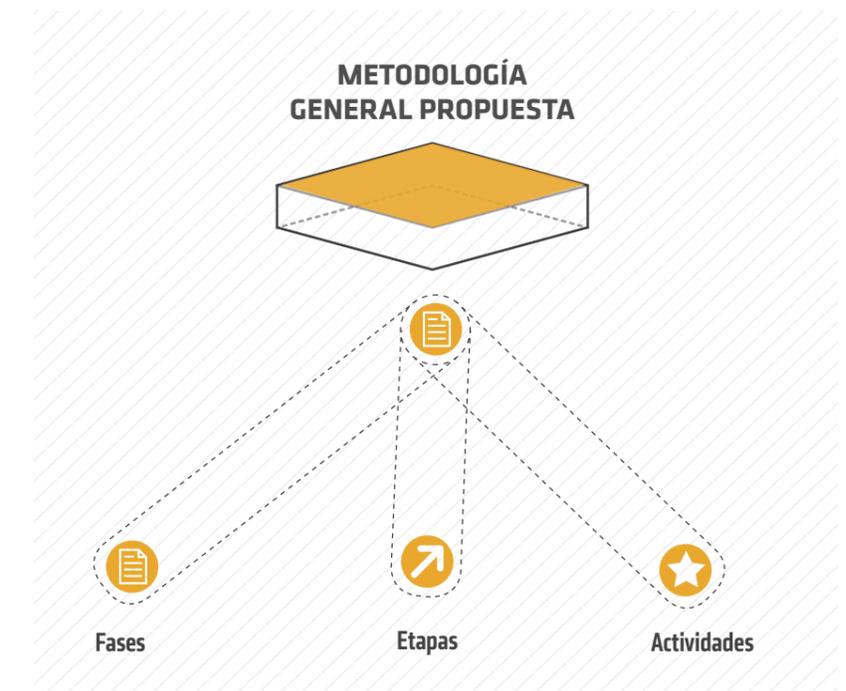
FASE DE CARACTERIZACIÓN

FASE DE ANÁLISIS Y EVALUACIÓN

# 1. ESTRUCTURA METODOLÓGICA

De acuerdo con los objetivos del protocolo, se plantea un diseño metodológico que guarda una estructura lógica, integral y secuencial. Este diseño permite el desarrollo de actividades tendientes a la elaboración del estudio de la identificación y evaluación de la degradación de suelos por erosión a escala nacional, regional y local, el cual se constituirá en la línea base y como instrumento para abordar las fases de control y vigilancia de la degradación de los suelos por erosión del país.

Con el fin de organizar el desarrollo del protocolo, la metodología se aborda de acuerdo con una estructura de fases, etapas y actividades orientadas a la generación de un producto en cada una (**ver figura 2.1**). Es necesario resaltar que este protocolo tendrá como alcance fundamental el desarrollo de las fases metodológicas de zonificación, caracterización y análisis y evaluación, con



**Figura 2.1.** ~ Estructura metodológica del protocolo por fases, etapas y actividades.

### FASES DEL PROTOCOLO

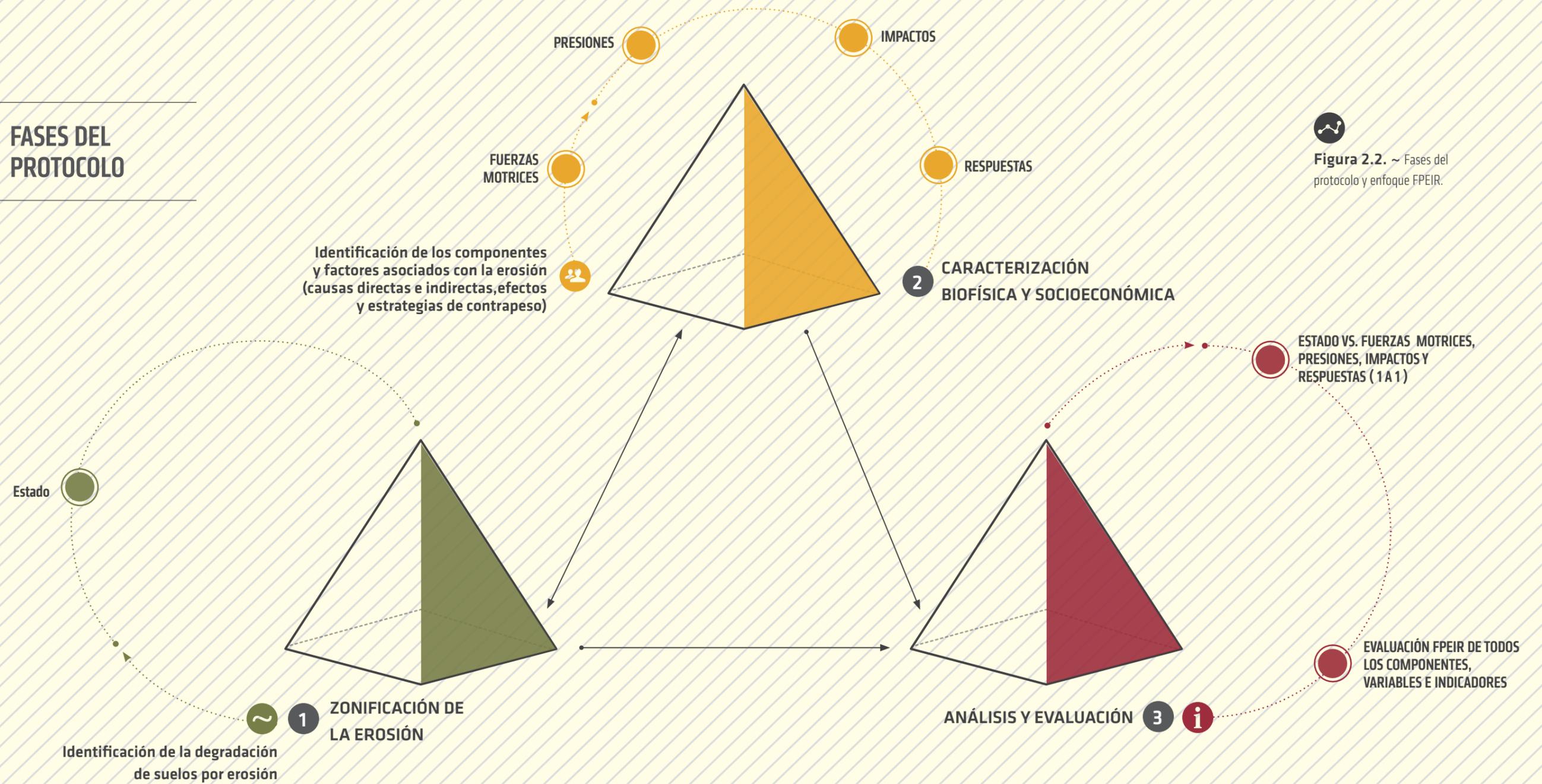
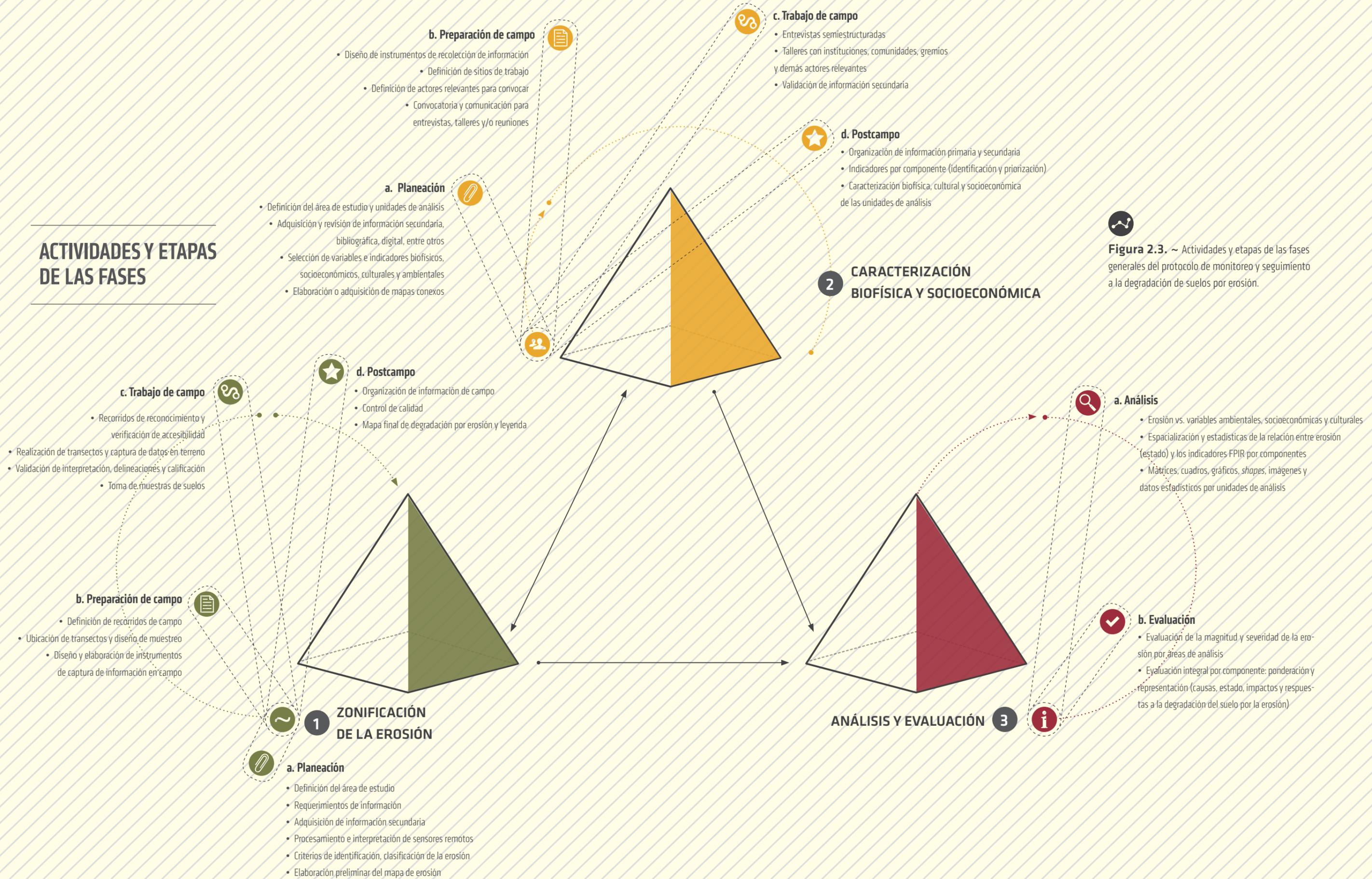


Figura 2.2. ~ Fases del protocolo y enfoque FPEIR.

## ACTIVIDADES Y ETAPAS DE LAS FASES DE LAS FASES



**Figura 2.3.** ~ Actividades y etapas de las fases generales del protocolo de monitoreo y seguimiento a la degradación de suelos por erosión.



el fin de establecer la línea base de degradación de suelos por erosión como punto de referencia para implementar el programa de monitoreo y seguimiento.

Posteriormente, a la fase de planificación preliminar y con todas las condiciones dadas para iniciar el proceso, se ingresa a la implementación del estudio con las fases de zonificación de la degradación de los suelos por erosión y de la caracterización de los aspectos biofísicos y socioeconómicos relacionados, fases que pueden iniciar en simultáneo (ver figura 2.2).

La fase de zonificación del proceso de degradación de suelos por erosión incluye las etapas de planeación, preparación de campo, trabajo de campo y postcampo. En la etapa de planeación se define la unidad de análisis espacial, escala de trabajo y la adquisición de la información requerida para elaborar la zonificación preliminar, en particular la cartografía base y las imágenes de satélite. En la etapa de preparación de trabajos de campo se definen los puntos de validación de la zonificación preliminar, las rutas a seguir y los formularios para el levantamiento de información de campo. Los trabajos de

campo consisten en realizar recorridos para la verificación y validación de la zonificación preliminar, así como en el levantamiento de información en el terreno que permita caracterizar y tipificar los distintos procesos de erosión. Finalmente, en la etapa de postcampo, se organiza la información, se elabora la leyenda del mapa y se realizan los ajustes para tener la zonificación final de degradación de suelos por erosión. En esta etapa se identifica el indicador o indicadores de estado de la degradación de suelos por erosión.

En la fase de caracterización las etapas de planeación, preparación de campo, trabajos de campo y postcampo se orientan a la adquisición de información secundaria, definición de variables e indicadores de las causas y consecuencias de los procesos de erosión, levantamiento de información primaria y validación de información por medio de trabajos de campo y el análisis de las variables que influyen en los procesos de erosión.

La fase de caracterización desarrolla actividades que tratan de explicar el estado actual de degradación de

los suelos debido al proceso de erosión y sus consecuencias a través de la caracterización e interrelación entre las condiciones biofísicas y características socioeconómicas de la zona y la generación de indicadores FPEIR que permitan interpretar este estado (ver figura 2.3).

La fase de análisis y evaluación es producto de la integración de variables reunidas en las fases de zonificación y de caracterización; es el momento metodológico donde se calculan o estiman los indicadores explicativos y causales de la degradación del suelo por erosión, en el caso de las fuerzas motrices como causas indirectas, de las presiones como causas actuales y directas, la evaluación de impactos y de respuestas por parte de los actores y autoridades.

Con esta estructura metodológica de fases, etapas y actividades, en el capítulo siguiente se describen los métodos, procedimientos, técnicas e instrumentos para cada una de las actividades definidas para el desarrollo y elaboración de la línea base, a partir de los postulados del Protocolo de monitoreo y seguimiento a la degradación de suelos por erosión. ■

## 2. FASE DE ZONIFICACIÓN

Para la fase de zonificación se identifican los procesos de erosión delimitando espacialmente las áreas afectadas con su respectiva calificación de acuerdo con la clasificación por tipo (factor), grado (intensidad y severidad) y clase (rasgos en el terreno) del proceso. Los productos que se pretenden generar en esta fase son: mapa de zonificación de la degradación de suelos por erosión, que permite identificar el “Estado” actual del proceso en el país; la leyenda con la tipificación y clasificación y la memoria descriptiva de la zonificación. Para el logro de este propósito, se plantean distintas etapas secuenciales que lleven a la obtención de los productos esperados.

### 2.1. ETAPA DE PLANEACIÓN

La etapa de oficina o de gabinete considera varias actividades tendientes por un lado a la elaboración preliminar de la representación espacial de los diferentes grados de erosión y de sus rasgos más sobresalientes

sobre el terreno. Por otro lado, considera la organización, revisión y evaluación de la información temática espacial recopilada en la etapa anterior. Estas dos actividades desarrollan los productos necesarios para la siguiente etapa de campo, que considera un diseño previo de muestreo y toma de información primaria o en el terreno. Las principales actividades que se realizan son: adquisición y evaluación de información espacial secundaria, procesamiento digital e interpretación de sensores remotos, criterios de identificación y calificación del proceso de degradación, elaboración preliminar del mapa de erosión y su leyenda, y ubicación de transectos y diseño del muestreo.

#### 2.1.1. PLANEACIÓN INICIAL

##### 2.1.1.1. Escalas espaciales de trabajo

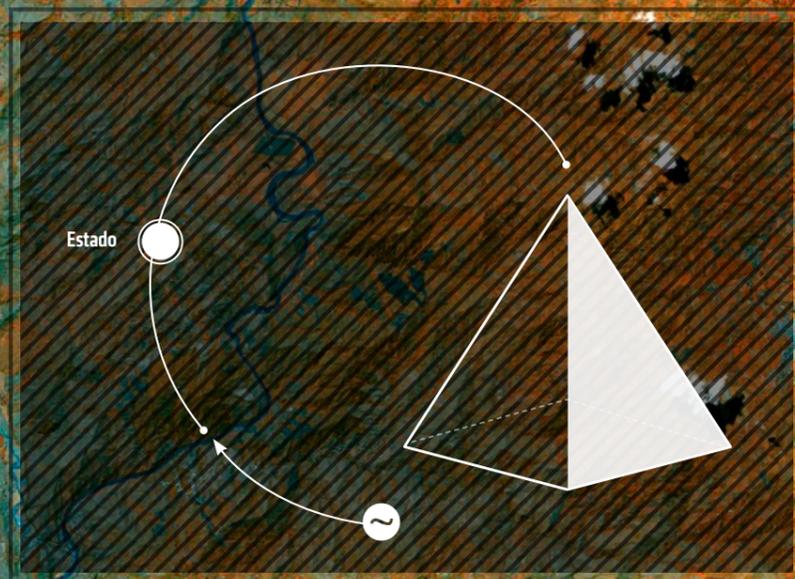
El proceso de zonificación implica también su delimitación y representación espacial en mapas. Por tanto, es importante la adquisición de la

cartografía base que contribuya en la elaboración de estos mapas, de acuerdo con la escala espacial requerida. En Colombia el IGAC es la entidad responsable de la cartografía base del país y ha definido algunas escalas de análisis para cada nivel de abstracción.

Para efectos de este protocolo, se considera que la escala más adecuada para realizar los análisis a nivel regional es 1:100.000. Sin embargo, de acuerdo con los propósitos específicos que se requieran se definirá la escala más adecuada, entre 1:25.000 y 1:250.000. A nivel nacional la escala sugerida será 1:500.000 y a nivel local se considera entre 1:5.000 y 1:25.000 (ver figura 2.4).

##### 2.1.1.2. Unidad de análisis espacial para la zonificación

La unidad de análisis espacial definida para el proceso de erosión debe ser propia. En ella los rasgos o manifestaciones de la erosión sobre el terreno se expresan sobre la superficie de la tierra y son posibles de identificar y delimitar sobre imágenes de sensores remotos.



Estos se podrán calificar considerando los criterios definidos y su verificación con trabajo de campo.

Esta unidad será denominada "unidad de erosión", la cual cobra importancia y es relevante en la medida en que se relacione con información cartográfica temática de clima, geomorfología, suelos, cobertura vegetal, uso de la tierra, cuencas e información social, económica y cultural, es decir, con unidades de referencia y de gestión. Estas relaciones serán objeto de las fases de análisis y evaluación (ver figura 2.5).

### 2.1.1.3. Requerimientos de información

De otra parte, se deben definir los requerimientos de información para adelantar la identificación, clasificación y calificación de los procesos de erosión. Dentro de estos requerimientos es muy importante la información relacionada con las condiciones climáticas, los estudios de suelos, las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos, las relaciones con la geología y la geomorfología, los antecedentes históricos de poblamiento y utilización de los recursos, el uso actual de la tierra y las prácticas culturales y tradicionales que se han realizado y que afectan el problema de erosión en una zona determinada. En la **tabla 2.1** se relacionan algunos de los principales requerimientos de información útil para la identificación y zonificación de la erosión.

### 2.1.1.4. Adquisición, revisión y evaluación de información requerida secundaria

Una vez identificada la información requerida para el desarrollo de esta fase, se deben adquirir y evaluar los datos más pertinentes y que contribuyan o apoyen el proceso de identificación y calificación de la erosión.

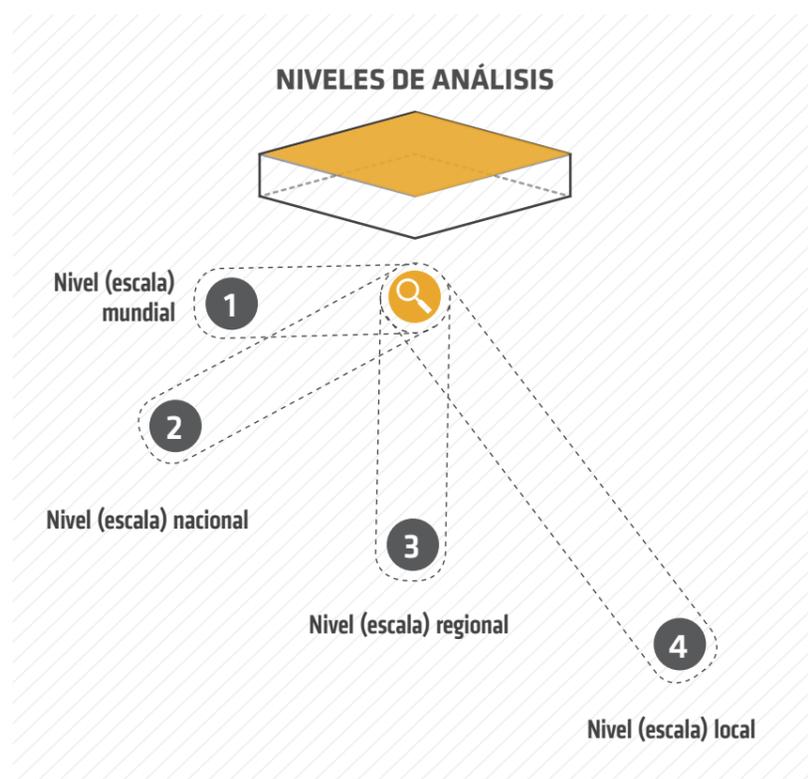


Figura 2.4. ~ Niveles o escalas de análisis.

En ese sentido es muy importante considerar los siguientes aspectos:

- Estudios de suelos generales a escala 1:500.000 para enfoque nacional, 1:100.000 para el enfoque regional, 1:50.000 a 1:25.000 para el enfoque local.
- Información climática de las estaciones más representativas de la zona, en particular, la relacionada con precipitación como principal agente detonador de la erosión hídrica, velocidad y dirección de los vientos con respecto a la erosión eólica. Los índices más relevantes de la precipitación a considerar son: cantidad e intensidad, frecuencia y la relación precipitación /evapotranspiración para compararlos con procesos de desertificación. Si el índice es menor de 0,75, el área corresponde a ecosistemas secos y susceptibles a desertifi-

cación. Se recomienda relacionar estos datos con el Protocolo de degradación de suelos por desertificación.

- Información geológica y geomorfológica que permita relacionar la susceptibilidad y la intensidad de los fenómenos con la litología, las formaciones superficiales y los principales sistemas morfogénicos y los suelos.
- El uso de la tierra, actual e histórico, es una de las variables a recoger y a analizar con respecto a las pérdidas de suelos debido a la erosión. Este uso de las tierras se debe interpretar desde las coberturas vegetales, los distintos tipos de usos y las prácticas de manejo que se llevan a cabo.
- Es muy importante recopilar la información de orden socioeconómico y cultural de la zona, y relacionarla con las

diversas causas que aceleran los procesos de erosión en cada una de las zonas de estudio que se hayan definido. Es especial lo referente a: actividades productivas y sus tecnologías, demografía, comercialización de productos, vías de acceso, costumbres y tradiciones. El análisis histórico es necesario para entender los procesos de cambios y su influencia en el proceso de erosión y los impactos adversos acumulativos y sinérgicos sobre los suelos afectados y los que se encuentran cuenca abajo, así como en los ríos principales.

### 2.1.1.5. Procesamiento digital e interpretación de sensores remotos

Para identificar zonas erosionadas se propone utilizar herramientas de sensores remotos (fotografías aéreas, imágenes de satélite, imágenes de radar), ya que permiten trabajar a diferentes escalas, por medio de distintos niveles de resolución espacial y espectral. En la **tabla 2.2** se mencionan algunos sensores que pueden ser utilizados para zonificar áreas erosionadas, según el nivel de análisis requerido. La detección e identificación de suelos afectados por erosión mediante la utilización de técnicas de percepción remota es compleja, debido a factores como la temporalidad en la toma de imágenes, las escalas de las fotografías aéreas y la relación con el momento de verificación de campo. Esto hace necesario realizar un levantamiento de patrones de identificación de la erosión, fase metodológica fundamental para el logro del objetivo. De acuerdo con lo anterior, se utilizan las características pictórico-morfológicas de las imágenes.

El proceso preliminar de patronamiento (la relación terreno – imagen – reflectancia) es fundamental para realizar una adecuada identificación

Requerimientos de información	REGIONAL
Clima	Zonas climáticas
	Pisos térmicos
	Provincias de humedad
	Distribución de precipitación (mensual)
	Relación precipitación/evapotranspiración
Geología	Grupos y formaciones geológicas
	Geología estructural
Geomorfología	Unidades de paisaje (o tipos de relieve)
	Pendientes por rangos (5 máximo)
	Mediciones de morfografía y morfometría
Suelos	Estudio general de suelos
	Perfiles modales (taxa subgrupo)
	Características físicas, químicas y morfológicas
Cobertura y uso	Cobertura Corine Land Cover
	Sistemas de uso
	Vocación usos del suelo
	Áreas protegidas
	Cultivos ilícitos
	Minería
Imágenes de sensores remotos	Imágenes de satélite de baja y mediana resolución
Estudios de erosión (anteriores)	A escala regional o local



Tabla 2.1. ~ Requerimientos de información para abordar la fase de identificación de la degradación de suelos por erosión, a distintas escalas (nacional, regional y local).

## EJEMPLO DE UNIDADES DE ANÁLISIS Y ESCALA

ESCALA > 1:500.000

1 **Global (continente)**  
Región continental / Macrocuencas países

ESCALA 1:500.000 A 1:100.000

2 **Nacional (país)**  
CAR / Áreas hidrográficas

ESCALA 1:100.000 A 1:25.000

3 **Regional (departamento)**  
Departamental/Áreas hidrográficas/Zonas hidrográficas/Subzonas hidrográficas/CAR/

ESCALA < 1:25.000

4 **Local (municipio)**  
Corregimiento / Vereda / Microcuenca / Pto. geográfico / Hoja cartográfica

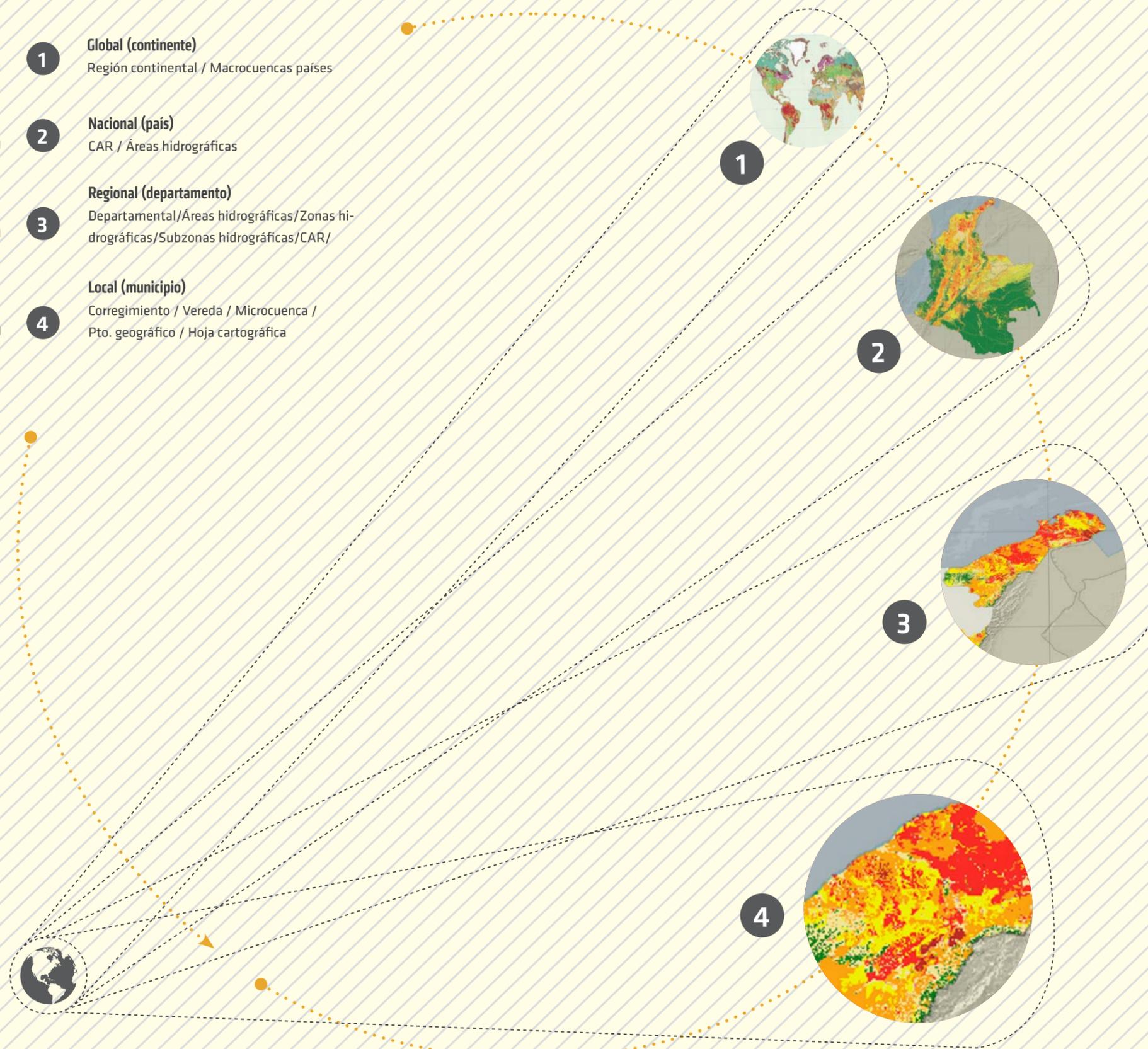


Figura 2.5. ~ Ejemplos de unidades de análisis y escala<sup>1</sup>

<sup>1</sup> El mapa de ejemplo de zonificación mundial es tomado de internet del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de las zonas vulnerables a desertificación. Las salidas gráficas nacional y regional son elaboraciones propias del equipo de trabajo IDEAM - U.D.C.A., 2015.

y calificación del proceso de forma estandarizada. El levantamiento de patrones permite conocer los elementos presentes en dicho proceso. Este conocimiento se distingue como nivel de referencia del intérprete (la cantidad y calidad de los conocimientos almacenados en la mente de la persona que interpreta imágenes de sensores remotos y los aplica). Los criterios de identificación se basarán en la información obtenida en el levantamiento de patrones de reconocimiento, el nivel de referencia obtenido por el intérprete y las características intrínsecas de los productos de sensores remotos (tono, color, textura, patrón, localización, forma, entre otros).

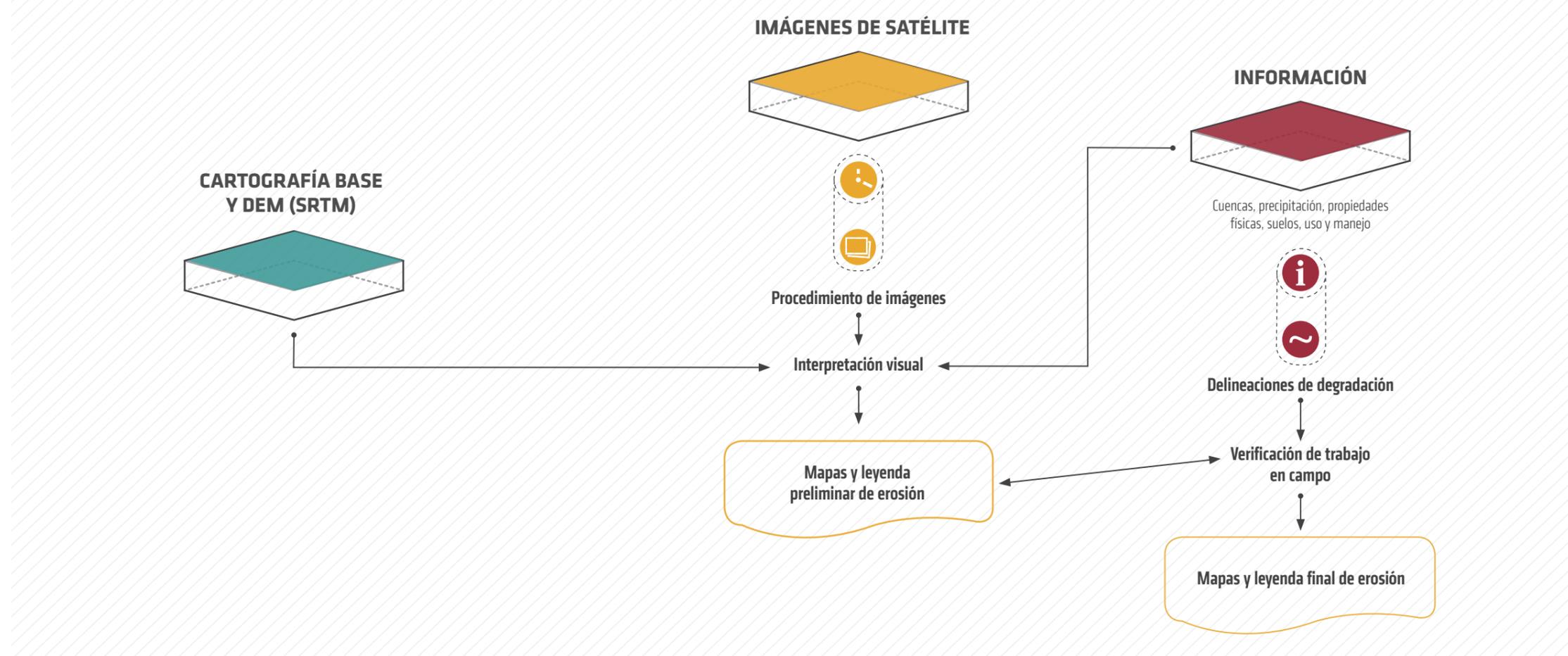
Para identificar y delimitar los procesos de degradación de suelos causados por la erosión, se propone el siguiente procedimiento metodológico que se basa en realizar la interpretación visual de las zonas que presentan erosión, apoyado por diferentes procesamientos digitales como los reales, la aplicación de algoritmos y filtros. A continuación, se detallarán cada uno de los componentes metodológicos (ver figura 2.6).

Para elaborar la zonificación de la erosión se requiere de una serie de materiales previos que permitan interpretar espacialmente las distintas unidades. Los materiales necesarios para adelantar esta labor son:

### a- Imágenes de satélite

Luego de consultar acerca de los sensores aplicables a la zonificación de áreas degradadas por erosión, se concluye que el uso de imágenes debe cumplir con las siguientes especificaciones:

- Sensores con resolución espacial de alta resolución, preferible menor de 20 metros, como Rapideye, Spot, Halos.
- Sensores con toma de imágenes o resolución temporal, preferiblemente de los tres últimos años.



**Figura 2.6.** ~ Esquema metodológico para la zonificación de áreas degradadas por erosión por medio de interpretación de sensores remotos.

- Sensores con resolución multibanda que permitan realizar realces y algoritmos para precisar los procesos de erosión y distinguirlos de otros procesos o coberturas.
- Precipitación mensual multianual (para el cálculo de la erosividad de la lluvia) y su correspondiente información espacial.

### b- Modelo digital de elevación (DEM)

Es conveniente utilizar la información de SRTM de resolución de 90 metros, con posibilidades en algunos sectores de usar el de 30 metros.

### c- Información secundaria

- Estudios de suelos con sus mapas escala 1:100.000 o 1:25.000.

-Cartografía base 1:100.000, 1:25.000.

-Mapa de cobertura de la tierra CLC 1:100.000.

- Información climática escala 1:100.000.
- Mapa de cuencas hidrográficas escala 1:100.000.

Para el procesamiento digital de las imágenes, existen varias técni-

cas de mejoramiento, entre las cuales se encuentran: operaciones entre bandas (multibanda), índices normalizados de vegetación y los análisis de componentes principales. Dicho mejoramiento se da mediante la fusión de imágenes de alta resolución (pancromática, radar, etc.) y baja resolución (multiespectral) para mejorar sus niveles de detalle. Así, una imagen fusionada, de mejor resolución, puede presentar mejor calidad de textura y riqueza temática. Mendivelso *et al.* (1998) proponen la aplicación del algoritmo de la transformada de Brovey.

La aplicación de este algoritmo produce distintas tonalidades acor-

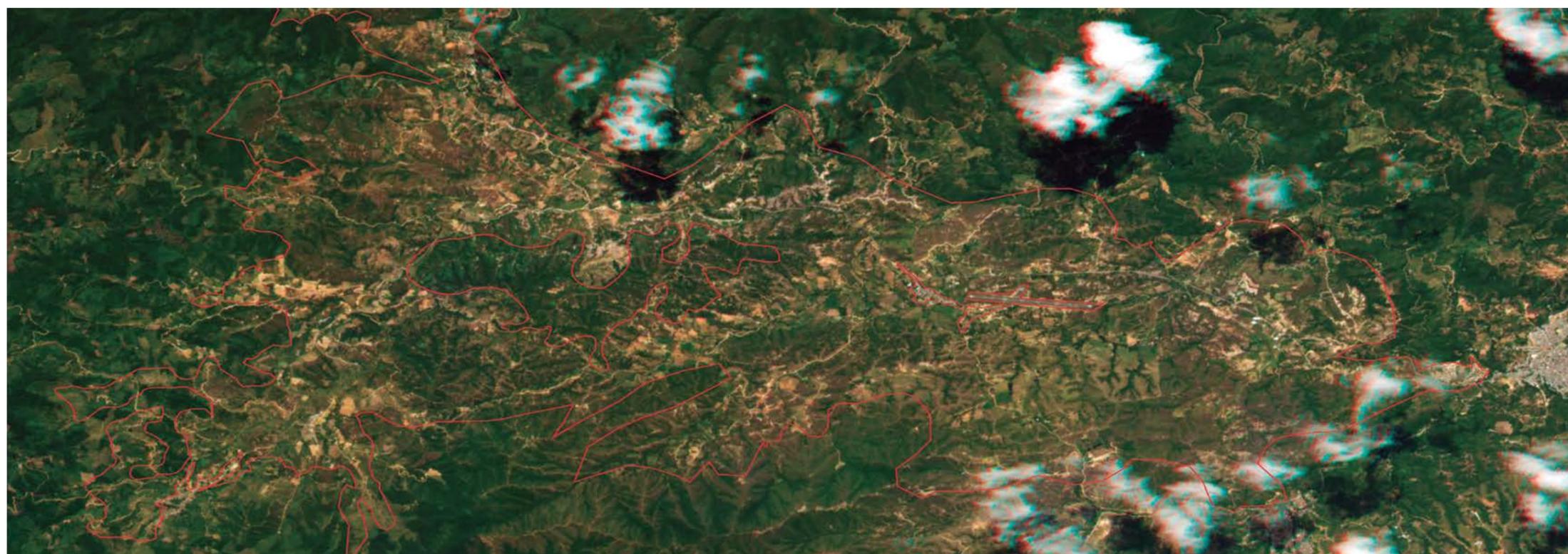
des con el tipo de cobertura en las imágenes. Luego de aplicar la transformada de Brovey, debe hacerse una combinación RGB, considerando las bandas del sensor utilizado. Sin embargo, una buena combinación de bandas permitirá la interpretación visual de los procesos de erosión considerando los rasgos o manifestaciones en la superficie del terreno. La experiencia del intérprete y una buena relación imagen-terreno permitirán elaborar las delineaciones de las distintas unidades de erosión.

Según Melo y Camacho (2005), para la interpretación de imágenes de sensores remotos se deben realizar los siguientes pasos:

- Lectura de la imagen: Incluye detección, reconocimiento e identificación de los objetos.
- Análisis de la imagen: Tiene que ver con el análisis propiamente dicho de la imagen y la deducción de aspectos no observables.
- Clasificación de la imagen: En esta fase se realizan operaciones de clasificación, representación e idealización de los fenómenos presentes en la imagen. La interpretación visual permite examinar la imagen para su evaluación y análisis, como también delimitar los rasgos relevantes de la erosión. Para desarrollar las activi-

dades anteriores, se cuenta con las siguientes características visuales que facilitarán la interpretación.

- Tono. Brillo o intensidad luminosa de los objetos. Altos contenidos de humedad generan tonos más oscuros.
- Color. Con la composición en falso color se pueden visualizar e identificar diferentes objetos.
- Textura. Tipos: tosca (terreno rugoso), fina, suave (un cultivo crecido), uniforme, punteada, granular, etc. A menor escala, la textura será más fina.
- Forma. Algunos elementos se presentan de forma irregular. Contrario a los cultivos, vías, embalses, etc., que presentan forma regular o recta, por resultar de actividades antropogénicas.



**Figura 2.7.** ~ Degradación de los suelos por erosión tipo hídrica/clase surcos y cárcavas/grado severa. González (Cesar) y Ocaña (Norte de Santander). Apoyo de imagen satelital Rapideye 2011-08-08t162844\_re3\_1b-nac\_8079918\_126212\_orto. Combinación R,G,B: 3,2,1.

- Patrón. Distribución espacial de los objetos, repitiendo una secuencia.

Además de considerar lo anterior se sugiere:

- Conocer el nivel de reflectancia de cada banda de la imagen, de acuerdo con el sensor del cual se trate.
- Conocer su temporalidad (fecha de toma), su órbita y punto (*path, row*).
- Sobreponer la imagen con los mapas que componen la cartografía base (vías, ríos, topografía, etc.).
- Comprender la correspondencia entre los colores de la imagen y los objetos representados, ya sea en tonos de gris o en falso color.
- Determinar la unidad de análisis y calcular la escala de representación de la imagen.

Se debe contar con información auxiliar de apoyo, que permita comparar, complementar y validar la información observada en las imágenes utilizadas. De igual forma, es necesario conocer acerca del tema en estudio, en este caso, acerca de los procesos de degradación de suelos por erosión.

Como apoyo al trabajo preliminar, basado en la interpretación de imágenes de satélite, se dispone de los Modelos Digitales de Elevación, MDE, cuya estructura de datos y topología cuenta con la celda como elemento básico para representar una localización espacial, a partir de la relación topológica de vecindad. Así, puede derivarse nueva información como: “el grado de la pendiente, la orientación del terreno, la curvatura, la delimitación de cuencas de drenaje, etc.” (Martínez, 1999).

Algunos patrones de interpretación de la degradación de suelos por erosión se observan en las siguientes figuras (**ver figuras 2.7, 2.8, 2.9, 2.10, 2.11 y 2.12**).

#### 2.1.1.6 Criterios de identificación, clasificación y calificación de la erosión

El proceso de clasificación y calificación de la erosión se realiza normalmente teniendo en cuenta: grado de intensidad de la afectación en el terreno, la cantidad de pérdida de suelos superficial y la relación con la densidad de la cobertura vegetal. Entre mayor es la intensidad, mayor es la pérdida y menor es la cobertura vegetal. La calificación de la intensidad se da en rangos, desde muy alta hasta muy baja o desde ligera hasta muy severa.

La clasificación de la erosión se realiza de acuerdo con tres criterios específicos relacionados con: origen (tipo), dominio de las manifestaciones (clase) y la intensidad del proceso (grado). En este sentido, la combinación de los tres criterios tipo, clase y grado dará la calificación de las unidades de erosión. En la **tabla 2.3** se presentan los criterios y las categorías para cada una de ellos.

Este tipo de clasificación y sus posibles combinaciones pueden ser utilizados para todas las escalas de análisis. En el nivel local, la clasificación por tipo, clase y grado deberá ser complementada con algunas características específicas, por medio de la cuantificación del número de rasgos o del área afectada, entre otros. Se podrán utilizar calificativos debidos a los procesos como profundidad de surcos o cárcavas, o densidad por unidad de área de los rasgos; por ejemplo: erosión hídrica modera-

da, con surcos profundos (20-50 cm) y poco densos ( $m^2$ ). De igual manera, la cuantificación de los procesos de erosión es de mucha utilidad en una zona específica de estudio.

#### Tipo de erosión

**Erosión hídrica:** Proceso de pérdida de la capa superficial del suelo por disgregación y transporte de las partículas debido a la acción del agua (gotas de lluvia y escurrimiento superficial).

**Erosión eólica:** Proceso de pérdida de la capa superficial del suelo por disgregación, remoción y transporte de las partículas del suelo por la acción del viento, barridas, arrastradas o levantadas por el aire.

#### Grado de erosión

El grado de erosión es una característica difícil de definir debido a que debe ser

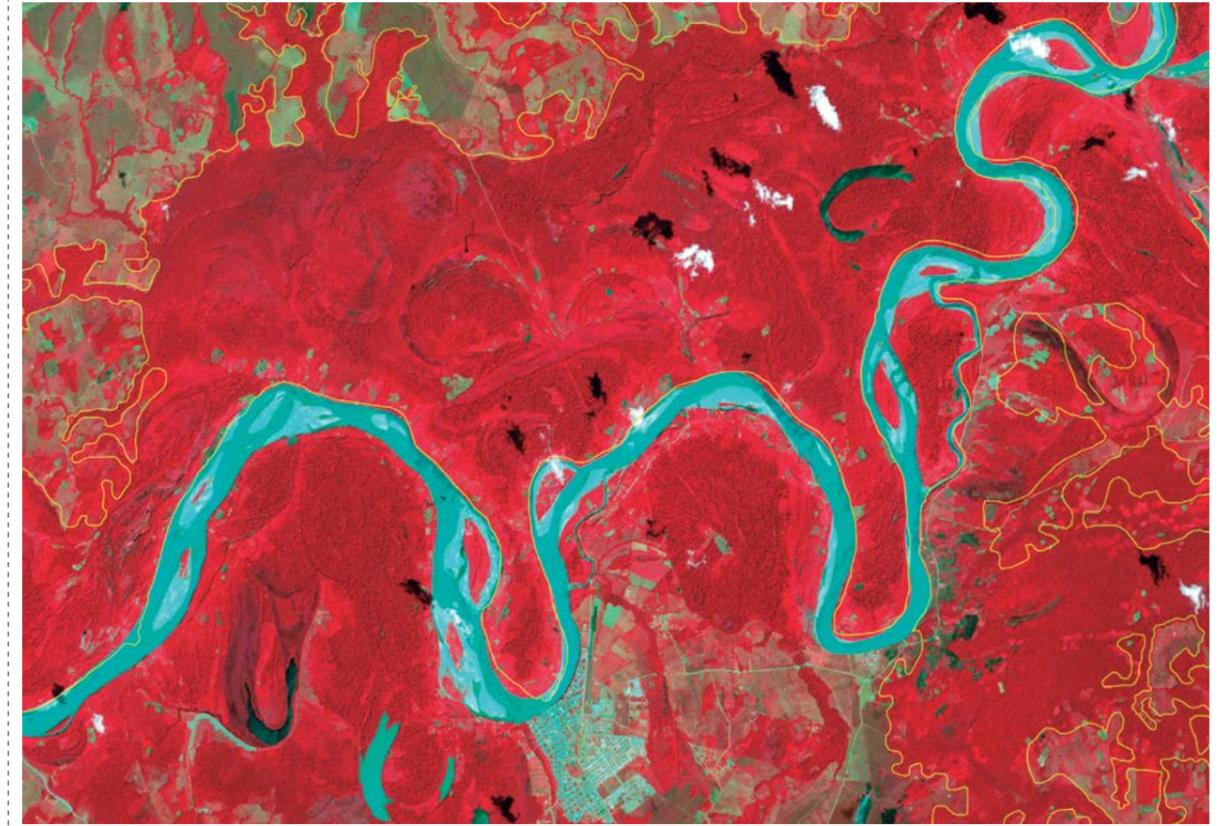
equitativamente apropiada para todos los suelos y además encajar o acomodarse a los varios tipos de erosión hídrica y eólica (FAO, 1995). Sin embargo, varios autores han tratado de definirla y diferenciarla de otras categorías (USDA, 2006; FAO, 1995; Olmos & Montenegro, 1988; MAVDT- IGAC - IDEAM, 2010 a, b, c, d). El grado de erosión se ha clasificado de acuerdo a la estimación de la pérdida superficial de suelo (**ver figura 2.13**).

Aunque el USDA (2003) precisa algunas características debidas a pérdida de suelo en los primeros horizontes, la aplicación en las zonas tropicales y ecuatoriales es muy apropiada para escalas detalladas. Por tanto, es necesario establecer algunos criterios que permitan diferenciar las distintas categorías del grado de erosión.

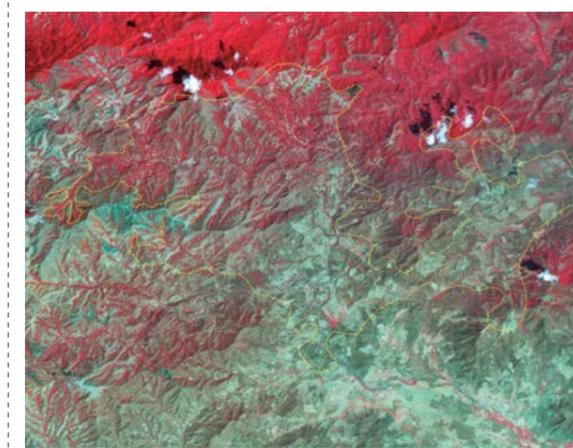
**Erosión ligera:** Alguna evidencia de daño a los horizontes superficiales del suelo. Cuando la capa de suelo se adelgaza uniformemente. No se aprecian



 **Figura 2.8.** ~ Degradación de los suelos por erosión tipo hídrica/clase surcos y cárcavas/grado muy severa. Los Santos (Santander). Apoyo de imagen satelital Rapideye 2011-09-05T161709\_RE3\_1B-NAC\_8079887\_126214\_ORTO. Combinación R,G,B: 3,2,1.



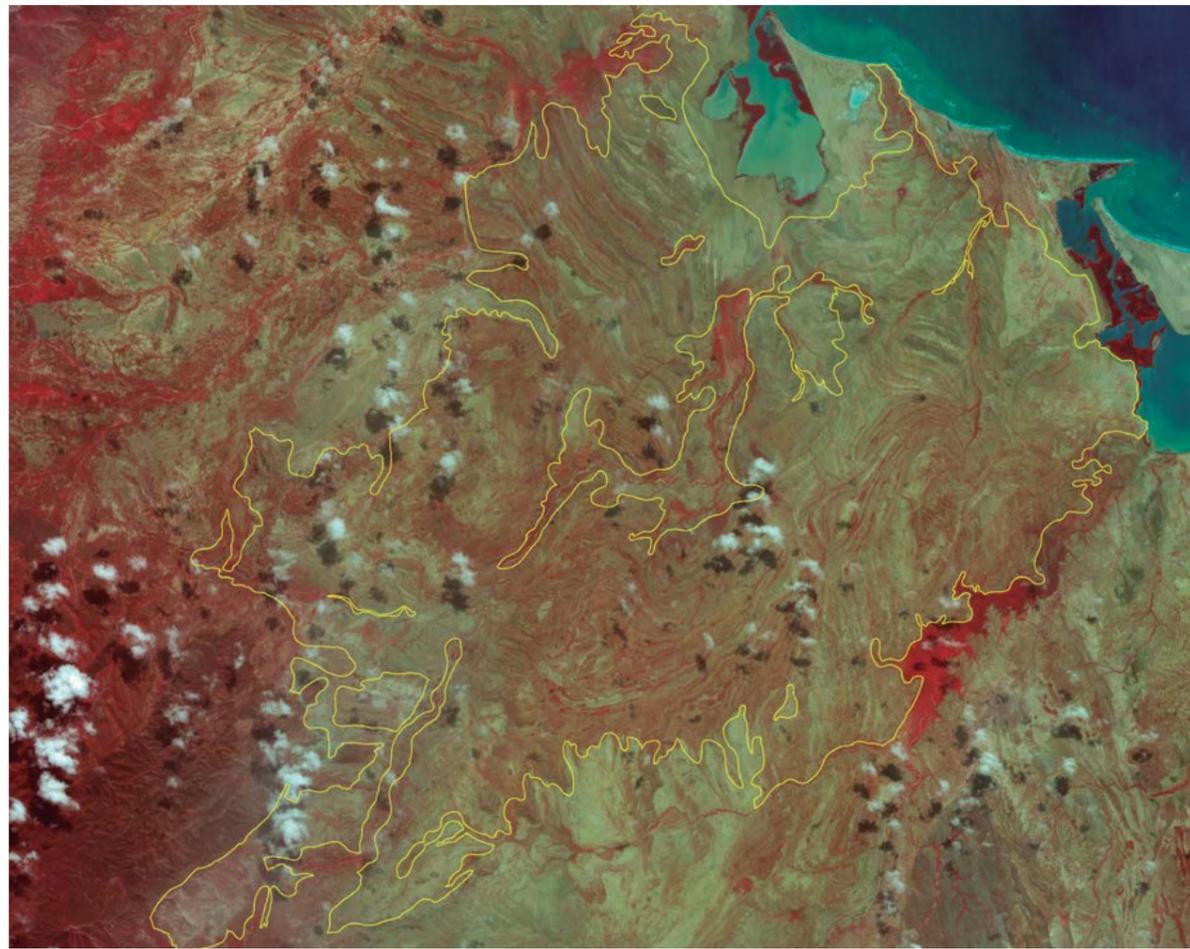
 **Figura 2.9.** ~ Degradación de los suelos por erosión: Grado sin erosión. Puerto Concordia (Meta). Apoyo de imagen satelital spot\_650\_345\_050126\_mul\_10m\_b. Combinación R,G,B: 1,2,3.



 **Figura 2.10.** ~ Degradación de los suelos por erosión tipo hídrica/clase terraceo y surcos/grado moderada. San Juan del Cesar (La Guajira). Apoyo de imagen satelital spot\_645\_328\_050226\_m\_b. Combinación R,G,B: 1,2,3.



 **Figura 2.11.** ~ Degradación de los suelos por erosión tipo hídrica /clase terraceo y laminar/grado severa. Guadalupe (Santander). Apoyo de imagen satelital Rapideye 2011-09-05T161709\_RE3\_1B-NAC\_8079887\_126214\_ORTO. Combinación R,G,B: 3,2,1.



**Figura 2.12.** ~ Degradación de los suelos por erosión tipo eólica/clase pavimento del desierto/grado muy severa. Uribia (La Guajira).  
Apoyo de imagen satelital spot\_648\_326\_050324\_m\_e. Combinación R,G,B: 1,2,3.

huellas visibles de surcos o inicios de cárcavas. La pérdida puede llegar hasta un 25 o 50% del horizonte A, según su espesor. Las funciones bióticas originales se encuentran intactas.

**Erosión moderada:** Evidencia clara de remoción de los horizontes superficiales del suelo. Cuando la capa de suelo ha perdido espesor. Se aprecian manifestaciones de surcos, terraceos y pequeñas cárcavas. Se presenta pérdida entre el 50 y 75% del espesor original del horizonte A e incluso en sectores aparece el horizonte B o C. Las funciones bióticas

originales se encuentran parcialmente destruidas. Aparecen en la superficie distintos colores de suelo como producto de la pérdida del horizonte superficial y la exposición de horizontes subsuperficiales. En algunos sitios se denominan "suelos atigrados o manchados".

**Erosión severa:** Horizontes superficiales completamente removidos y horizontes subsuperficiales expuestos. Pérdida casi total del horizonte orgánico-mineral. Se presentan surcos, calvas o terraceos de forma frecuente o cárcavas con moderada frecuencia.

La pérdida de suelo se estima en más de 75% de su espesor. Las funciones bióticas originales ampliamente destruidas. El suelo expuesto es más claro debido a la pérdida del horizonte A. La vegetación es rala.

**Erosión muy severa:** Pérdida total de los horizontes superficiales. Remoción sustancial de los horizontes subsuperficiales (*badlands*, tierras malas). Se presenta una red de surcos y cárcavas intrínsecos. Las funciones bióticas originales fueron completamente destruidas. La vegetación es muy rala o nula.

Nivel	Sensor	Fuente	Resolución (m)
Local	Cámara digital Vexcel	IGAC	0.6
	QuickBird	DIGITALGLOBE	0.65 - 2.5
	OrbView 3	ORBIMAGEN	1 - 4
	IKONOS	Space Imaging EOSAT	1 - 4
	CBERS2-CCD	INPE	20
	SPOT 4/5	SPOT IMAGE	5, 10 y 20
	ASTER Terra (hiper. 14 band)	NASA	15 - 30
	SAC-C/TRC	CONAE	20
	ALOS PALSAR (óptico y radar)	Agencia Espacial Japonesa(NASDA)	15
	AISA Dual Hyperspectral Sensor	SPECIM	0.25 - 2
	AirSAR (Radar aereotrans. Apert.Sint)	NASA	0.5
	HyMap (126 bandas)	Integrated Spectronics	5
	AVIRIS (224 bandas)	NASA	2.5
Regional	ASTER Terra (hiper. 14 band)	NASA	30 - 90
	Sar Vision	Universidad de Wageningen	30
	Landsat TM, ETM+	NASA	22
	DEIMOS-1	Surrey Satellite Technologies Limited	25
	Envisat ASAR	Agencia Espacial Europea (ESA)	30
	ERS1/2 (AMI)	Agencia Espacial Europea (ESA)	30
	Hiperion (hiper. 220 band)	Agencia Espacial Europea (ESA)	30
Nacional	MOS-1	Agencia Espacial Japonesa	50
	IRS-1C-D	India	36 - 72
	RESOURS-01 (MSU-E)	Ruso	137 - 600
	MISR	NASA	250 - 275
	CERES	NASA	20000
	MODIS Terra/Aqua (hiper.36 band)	MODIS Terra/Aqua	250 - 1000



**Tabla 2.2.** ~ Sensores remotos que pueden ser utilizados. Fuente: IDEAM, 2010.

TIPO DE EROSIÓN	CLASE DE EROSIÓN	GRADO DE EROSIÓN
Erosión hídrica	Cárcavas	Sin erosión
	Surcos	Ligera
	Laminar	Moderada
	Terraceo (pata de vaca)	Severa
	Salpicadura	Muy severa
Erosión eólica	Laminar	Sin erosión
	Ripples	Ligera
	Dunas	Moderada
	Movimiento de arena	Severa
	Pavimento desértico	Muy severa
	Depresión de deflación	Muy severa



**Tabla 2.3.** ~Clasificación de la erosión, según tipo, clase y grado. Fuente: MAVDT, IGAC & IDEAM (2010).

### GRADOS DE EROSIÓN

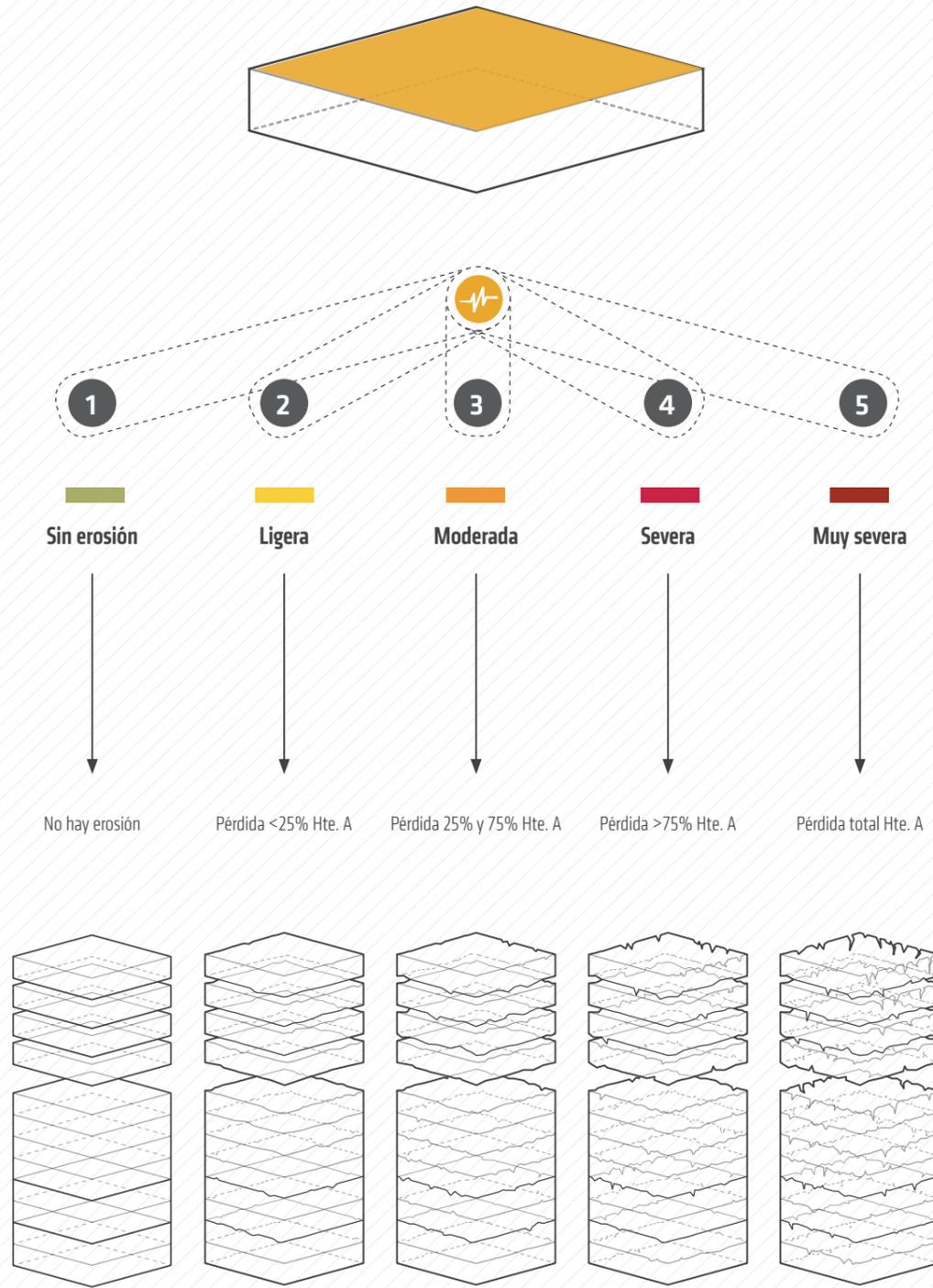


Figura 2.13. ~ Clasificación de los grados de erosión. Adaptado de USDA (2003).

Ejemplos de calificación de la erosión en el terreno:



**Figura 2.14.** ~ Erosión hídrica laminar y en surquillos moderada. Paipa – Boyacá (marzo 2010).



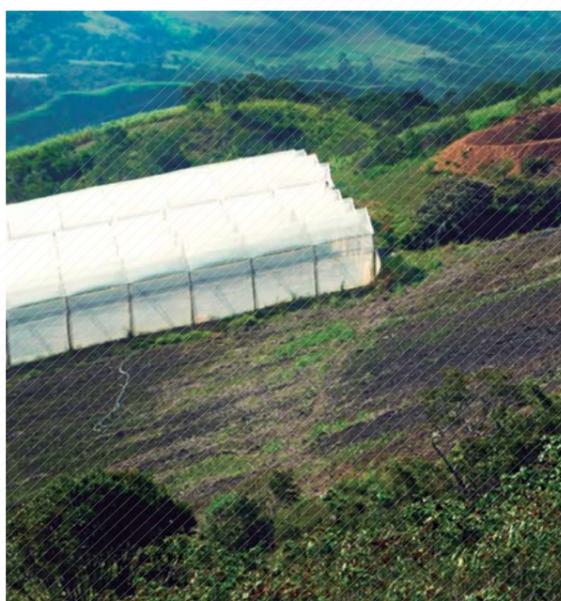
**Figura 2.15.** ~ Formación de surquillos en terrenos cultivados. Chíquiza – Boyacá (marzo 2010).



**Figura 2.18.** ~ Erosión hídrica en cárcavas y laminar moderada (cárcavas distanciadas). San Benito Abad - Sucre (abril 2010).



**Figura 2.19.** ~ Erosión hídrica laminar y surquillos severa. Galeras - Sucre (abril 2010).



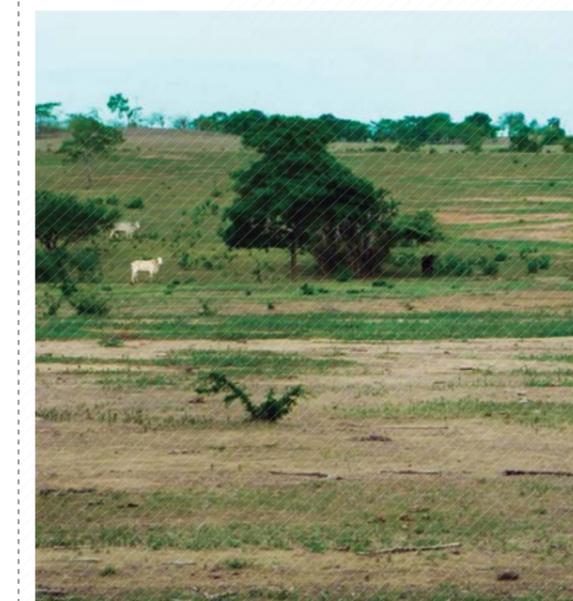
**Figura 2.16.** ~ Formación de surcos en terrenos cultivados en sentido de la pendiente. Gachantivá - Boyacá. Erosión en surcos moderada, con pérdida del horizonte superficial (variación en la coloración superficial del suelo)(marzo 2010).



**Figura 2.17.** ~ Erosión hídrica laminar severa, con abundantes calvas de erosión, por sobrepastoreo. Sáchica - Boyacá (marzo 2010).



**Figura 2.20.** ~ Erosión hídrica en surcos severa. Buenavista – Sucre (abril 2010).



**Figura 2.21.** ~ Erosión hídrica laminar (con presencia de calvas) severa, sobreutilización progresiva. Buenavista - Sucre (abril 2010).

**Clase de erosión**

**Hídrica**

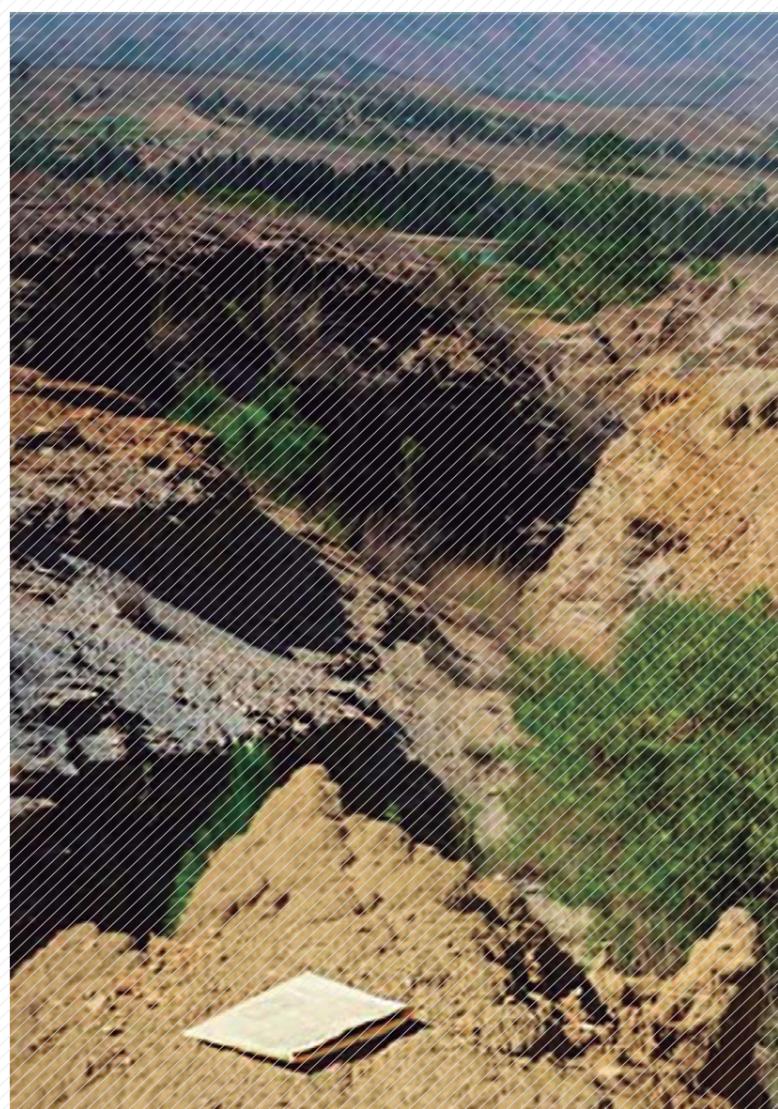
**Cárcavas:** Erosión en cárcavas es la consecuencia del agua que arrastra y corta el suelo a lo largo de una línea de flujo. Las cárcavas se forman en la exposición de drenajes de las vías, en los surcos del arado, en los senderos producidos por los animales, en las grietas ocasionadas por las llantas de los vehículos, entre las hileras de plantas de cultivo, y por debajo de rupturas de terrazas formadas por el ser humano. En contraste con los surcos, las cárcavas no pueden ser ocultas por la labranza normal. En las cárcavas profundas (ver figura 2.22) no es posible atravesarlas con los tipos comunes de equipos agrícolas (SSDS, 1993).

De acuerdo con el *Manual de conservación de suelos y aguas de México* (Colegio de Postgraduados, 1977), la cárcava es la forma producida por la socavación repetida sobre el terreno, debida al flujo incontrolado de los escurrimientos superficiales. Las cárcavas se clasifican de acuerdo con su tamaño y el área drenada tal como se puede ver en la **tabla 2.4**.

El IGAC utiliza una clasificación que se apoya en la intensidad por el número y tamaño de las cárcavas (ver **tabla 2.5**).

**Surcos:** Un surco es una depresión lineal o canal vacío en el suelo que acarrea agua luego de precipitaciones. Los surcos se alinean en general de forma perpendicular a la pendiente y se forman en series de líneas paralelas (LADA, 2007). (ver **figura 2.23** y **figura 2.24**).

La erosión en surcos se caracteriza por la remoción de suelo a través del corte de varios canales pequeños, pero bien visibles, donde se concentra la escorrentía. La erosión en surcos es intermedia entre la laminar y la erosión en cárcavas. Los canales superficiales, de poca profundidad, son fácilmente destruidos por la labranza, por



**Figura 2.22.** ~ Erosión en cárcavas profundas. Villa de Leyva - Boyacá. Sistema de cárcavas en laderas quebradas. Sora - Boyacá.

lo que, después que un campo erosionado se ha cultivado, determinar si las pérdidas de suelo son resultado de la erosión laminar o surcos es generalmente muy complejo (SSDS, 1993).

Un surco es el resultado de la acción erosiva del agua en un canal. También es un medio para drenar rápidamente una parte reducida de un terreno y transportar eficientemente el sedimento erosionado de la zona de captación del surco (LADA, 2007).

**Erosión laminar o surquillos:** Es la remoción más o menos uniforme del suelo de un área sin el desarrollo de canales de agua conspicuos. También comúnmente se denominan “calvas de erosión”. Este tipo de erosión está asociado con la erosión en “entresurcos” o protosurcos; aunque algunos autores encuentran varias diferencias en su morfología, para efectos de este protocolo se consideran en la misma clase.

En esta clase de erosión, los canales son muy pequeños, a veces numerosos e inestables. Los pequeños canales se agrandan y enderezan a medida que aumenta el volumen de escorrentía (ver **figura 2.25** y **figura 2.26**). La erosión laminar es menos evidente, sobre todo en sus primeras etapas, que otros tipos de erosión. Puede ser grave en los suelos que tienen una pendiente de menos de 3%; sin embargo, es generalmente más grave a medida que aumenta la pendiente, conduciendo a erosión por surcos y cárcavas (SSDS, 1993).

**Terraceo (pata de vaca):** Es una forma particular de la erosión que se presenta en zonas de ganadería; es producida por el pisoteo del ganado que genera, sobre las laderas, una forma de sistema de terrazas discontinuas y poco organizadas (ver **figura 2.27**). Esta clase de erosión es muy generalizada en las zonas montañosas y de lomerío en nuestro país.

Tipo de cárcava	Tamaño (profundidad m)	Área drenada (ha)
Pequeña	< 1	< 2
Mediana	1 a 5	2 a 5
Grande	> 5	> 5



**Tabla 2.4.** ~ Clasificación de cárcavas según tamaño y área drenada. Fuente: *Manual de conservación de suelos y aguas* (Colegio de Postgraduados, 1977).

El terraceo o erosión por pata de vaca en ciertas circunstancias se confunde con procesos de remoción en masa leves como reptación o soliflucción plástica. Sin embargo, está asociado con estos fenómenos; de hecho, se podría decir que es una combinación de ambos procesos, pero por sus rasgos o

manifestaciones dejadas en la superficie del terreno, se constituye en una clase importante de erosión en zonas húmedas en Colombia.

**Salpicadura:** Erosión producida por las gotas de lluvia que golpean el suelo desnudo a alta velocidad, fragmen-

Área afectada	5-25%	25-50%	50-75%	> 75%
Clase de intensidad	Ligera	Moderada	Severa	Muy severa
Cárcavas superficiales (< 1 m)	1 - 3	4 - 7	8 - 10	> 10
Cárcavas moderadamente profundas (1-5 m)	0	1-2	3	>3
Cárcavas profundas (>5m)	0	0	1	>1



**Tabla 2.5.** ~ Clasificación de cárcavas según su número y tamaño. Fuente: *Adaptado de Mendivelso, Rubiano & Malagón (1998)*.



**Figura 2.23.** ~ Formación de surcos en laderas ligeramente inclinadas. Sampedo - Sucre (noviembre 2010).



**Figura 2.24.** ~ Erosión en surcos en cultivo de maíz. Covañas - Sucre (noviembre 2010).

tando los gránulos y agregados de suelo y desprendiendo las partículas de la masa del suelo (ver figura 2.28). La acción de salpicadura mueve las partículas desprendidas solamente a distancias cortas, pero el flujo superficial ligero las transporta. Esta clase de erosión es imposible de cartografiar.

### Eólica

Las manifestaciones de la erosión eólica se caracterizan por los rasgos de deposición más que de pérdida de

materiales, aunque los dos están asociados. De esta manera las clases de erosión eólica se describen de acuerdo con las características morfológicas de los sedimentos transportados y depositados. En este sentido las clases más importantes son: superficies o depresiones de deflación, pavimento desértico, crestas y *ripples*, dunas, médanos y movimientos de arena (ver figura 2.29).

**Crestas y ripples:** Las crestas son formas transversales, constituidas por

arenas, generalmente gruesas, gránulos y cantos. Se originan por combinación de procesos de deflación y de sedimentación cuando el viento actúa sobre una superficie constituida por materiales de diversos tamaños (Corrales *et al.*, 1977). Primero arrastra los materiales más finos; al aumentar su velocidad irá llevando los materiales más gruesos, transportados por saltación, y finalmente aquellos que se desplazan por deslizamiento superficial. Los *ripples* ('onda', en inglés) son superficies ri-

zadas que presentan una gran extensión lateral, con crestas rectas o ligeramente sinuosas y dispuestas transversalmente a la dirección del viento. Se originan por la acción de corrientes de bajo régimen de flujo. Al conjunto de crestas y valles se le denomina "tren de ripples".

**Dunas:** Son acumulaciones de arena de mayor envergadura y tamaño. Las dunas presentan diversas formas: longitudinales, transversales y equidimensionales. Las dunas transversales se caracterizan por disponerse con su dimensión mayor perpendicular a la dirección del viento dominante, así como por tener, en general, crestas prácticamente rectas. Un tipo especial de duna transversal es el constituido por los barjanes; vistos en planta presentan forma de media luna, con las puntas a favor del viento (Corrales *et al.*, 1977) (ver figura 2.30).

Las dunas longitudinales más frecuentes son aquellas conocidas con el nombre de *seif*. Se disponen paralelamente unas a otras, quedando separadas por una zona llana, amplia. Se ha señalado que este tipo de dunas se forman como consecuencia de la acción de vientos que soplan con direcciones diferentes, o por torbellinos que adoptan una forma de rollo, con ejes horizonta-

les y paralelos a la dirección del viento (Corrales *et al.*, 1977).

**Depresiones de deflación:** Comprende excavaciones de hundimientos poco profundos llamadas hoyas, cuencas que se originan en áreas más o menos llanas y desprovistas de vegetación en donde el suelo está expuesto a la acción del viento.

**Pavimento desértico:** Es una superficie que está cubierta únicamente con piedras: cantos, guijarros y fragmentos de roca, entrelazados y redondeados, debido a la abrasión de las partículas transportadas por el viento. Algunos ejemplos del pavimento desértico son:

**Hamadas:** Mesetas de roca descubiertas, pulida por erosión eólica.

**Regs:** Áreas de fragmentos gruesos o cantos pulidos, producto de la erosión eólica como remanentes no transportados.

**Ergs:** Zonas de acumulación de grandes arenales. Al existir un obstáculo se acumulan progresivamente arenas en forma de dunas.

**Loess:** Grandes cantidades de polvo - partículas de cuarzo, con tamaños limo en un 60-80%.

~ Las manifestaciones de la erosión eólica se caracterizan por los rasgos de deposición más que de pérdida de materiales, aunque los dos están asociados. De esta manera las clases de erosión eólica se describen de acuerdo con las características morfológicas de los sedimentos transportados y depositados. ~

### 2.1.1.7. Elaboración preliminar del mapa de erosión y su leyenda

La zonificación de la degradación de suelos por erosión se logra integrando los resultados de la interpretación de imágenes de sensores remotos, donde se establecen las zonas degradadas por el patrón de la imagen, con el modelo indicativo de erosión. Este apoya la zonificación hecha en las imágenes, ya que establece aquellas áreas con potencialidad para la degradación por erosión, permitiendo un acercamiento al área de análisis. En la figura 2.31 se muestra el procedimiento para establecer la degradación de suelos por erosión con las técnicas mencionadas (imágenes + modelo)

El producto final de la interpretación de las imágenes de sensores remotos será un mapa de erosión con distintas clases de acuerdo con el grado de intensidad del proceso y la clasificación propuesta. Este mapa estará acompañado de una leyenda preliminar donde se estructura la clasificación de la erosión. Se propone que esta estructura tenga criterios jerárquicos y sistemáticos, de tal manera que permita el relacionamiento con otras variables y su generalización en caso de requerirse.

### Leyenda alfanumérica, zonificación de la degradación de suelos por erosión

En la tabla 2.6 se presenta el modelo de leyenda para la zonificación de la degradación de los suelos por erosión, donde no hay una correlación transversal, sino que muestra la cantidad de categorías existentes por cada tipo, cada grado y cada clase de erosión, con la posibilidad de encontrar una combinación de todas y cada una de las categorías dependiendo de los resultados de la zonificación. Es decir que cada tipo de erosión puede tener todos los grados, y así mismo todas las clases de la erosión, excepto el tipo, grado y clase sin evidencia. El resultado es una leyenda de tipo alfanumérico, donde se



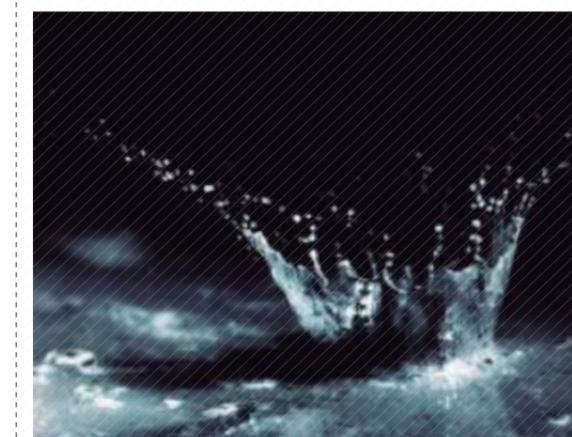
**Figura 2.25.** ~ Erosión laminar (calvas). Buenavista - Sucre (noviembre 2010).



**Figura 2.26.** ~ Formación de cárcavas. Isla de San Andrés (junio 2015).



**Figura 2.27.** ~ Erosión en terracedo o pata de vaca, asociado con movimientos en masa. Cumaral - Meta.



**Figura 2.28.** ~ Efecto del golpe (salpicadura) de las gotas de lluvia sobre el suelo y erosión por salpicadura  
Fuente: Instituto de Estudios de Cataluña. <http://www.iec.cat/mapasols/Cas/erosio1.asp?Grup=A&Opcio=3>

representa el tipo en letras mayúsculas, el grado en minúsculas y la clase en números. Así mismo, en la representación de las salidas gráficas se encontrarán polígonos de grado de erosión en colores semáforo, como indicadores de la degradación del suelo. Un ejemplo de leyenda es: Hm08 – Erosión de tipo hídrica (H), grado moderada (m) y de clase terracedo y surcos, con un color de representación naranja (moderado) (ver figura 2.32).

## 2.2. ETAPA PREPARACIÓN DE TRABAJOS DE CAMPO

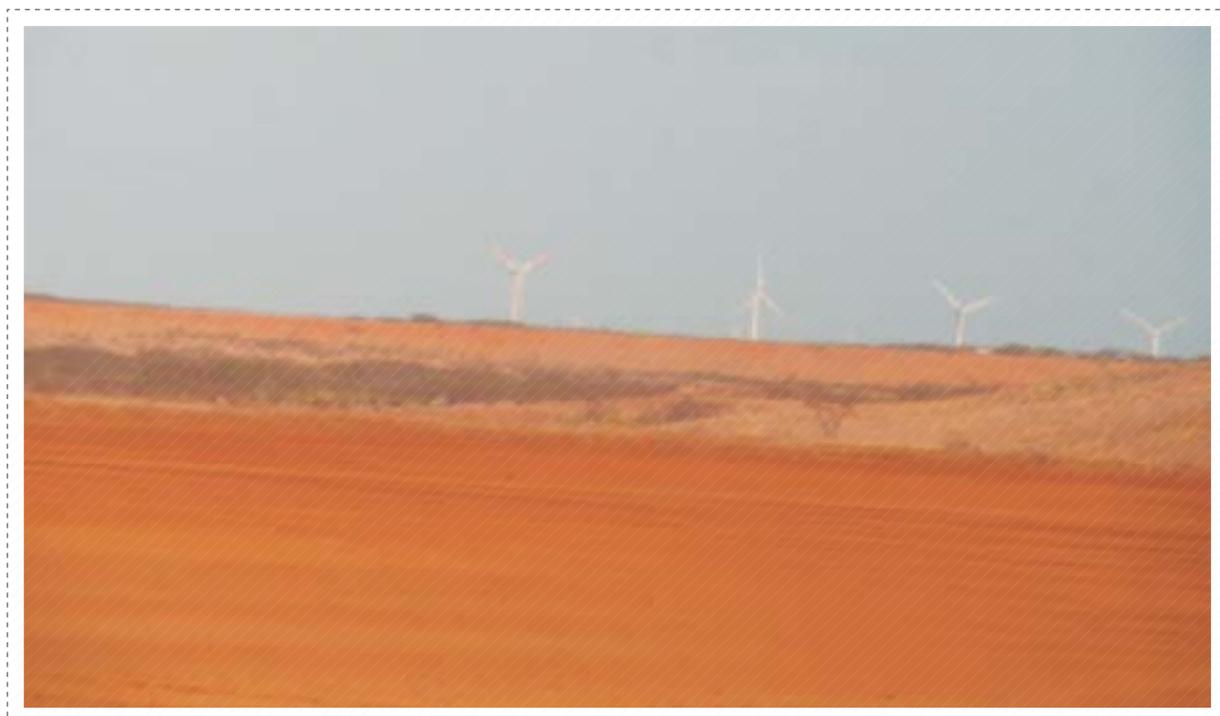
### 2.2.1. DISEÑO DEL FORMULARIO DE CAPTURA DE INFORMACIÓN DE CAMPO

Es muy importante diseñar o adaptar, según las condiciones de cada región, un formulario para la captura de datos e información de campo. Este deberá ser de fácil uso y aplicación con el fin de que los datos sean capturados de forma objetiva. El formulario deberá contener como mínimo la siguiente información:

- Información general del sitio: ubicación geográfica, coordenadas geográficas o planas, condiciones climáticas, características geomorfológicas, unidad de suelos, tipo de uso de la tierra, bioma y tipo de ecosistema.
- Información específica: rasgos o manifestaciones de la erosión, dominio de los rasgos en el terreno, intensidad del proceso, calificación del sitio y de la unidad por erosión, cuantificación y medición de los rasgos (ej. 3 surcos por metro cuadrado; cárcavas con 70 cm de profundidad y 30 cm de ancho, distanciadas cada 100 cm aprox., pérdida del 30% en profundidad y 50% en extensión).

- Espacio para elaboración de dibujo y perfil del sitio.
  - Espacio para observaciones, donde se plasme información importante o relevante que no se ha consignado en el resto del formulario. En los anexos de este documento se presenta un modelo de formulario de captura para un levantamiento de información y caracterización del proceso en campo a nivel nacional.
- En el **RECUADRO 1** se presenta un modelo del formulario para captura de información en campo para la fase de zonificación.

~ En la erosión ligera se evidencia algún daño a los horizontes superficiales del suelo. Cuando la capa de suelo se adelgaza uniformemente, no se aprecian huellas visibles de surcos o inicios de cárcavas. Las funciones bióticas originales se encuentran intactas. ~



**Figura 2.29.** ~ Erosión eólica. Uribia - Guajira. (2015).



**Figura 2.30.** ~ Erosión eólica. Duna de Taroa, Uribia - Guajira. (2015).

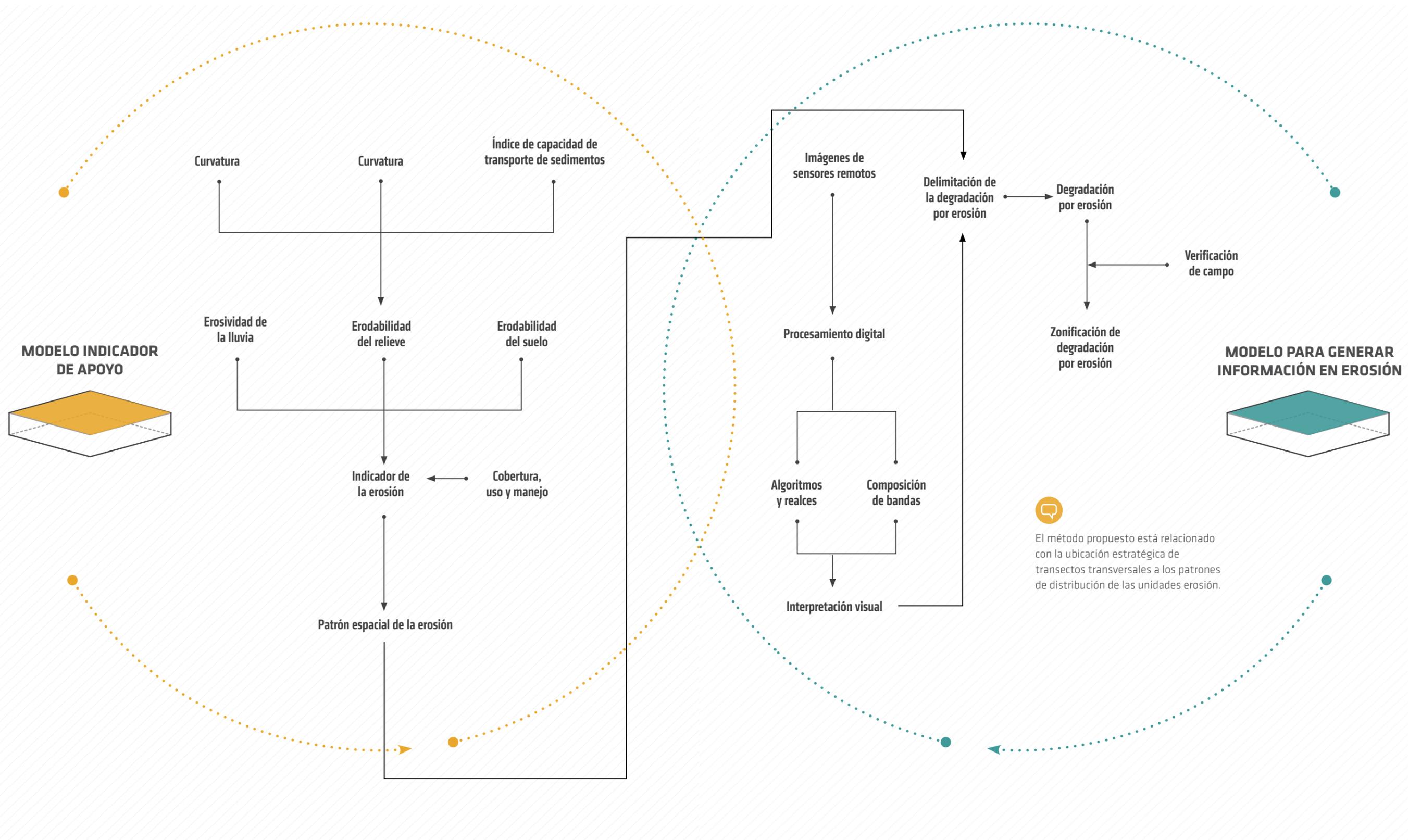
~ Para la etapa de zonificación se identifican los procesos de erosión delimitando espacialmente las áreas afectadas con la respectiva calificación de acuerdo con la clasificación por tipo (factor), grado (intensidad y severidad) y clase (rasgos en el terreno) del proceso. ~

TIPO	
Sin erosión	S
Hídrica	H
Eólica	E
Hídrica y eólica	M

GRADO	
Sin erosión	se
Ligera	l
Moderada	m
Severa	s
Muy severa	ms

CLASE	
Sin erosión	00
Laminar	01
Surcos	02
Cárcavas	03
Laminar y Surcos	04
Surcos y Cárcavas	05
Terraceo	06
Terraceo y Laminar	07
Terraceo y Surcos	08
Depresión de deflación	09
Pavimento del desierto	10
Deflación / Dunas	11

**Tabla 2.6.** ~ Clasificación de los procesos por erosión.



**Figura 2.31.** ~ Modelo general para elaborar el mapa de zonificación de degradación de suelos por erosión.

Fuente: Grupo técnico de trabajo Convenio MADS - IDEAM 2011

# RECUADRO 1. MODELO DE FORMULARIO PARA CAPTURA DE INFORMACIÓN DE CAMPO PARA LA FASE DE ZONIFICACIÓN

República de Colombia  
 Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible  
 Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM  
 Sistema de Información Ambiental  
 Caracterización procesos de erosión formato de captura de campo - descripción de sitio

## I. INFORMACIÓN GENERAL

No. identificador	Institución	Fecha	Nombre	Plancha <i>(No. Fuente y Escala)</i>
-------------------	-------------	-------	--------	---

## II. LOCALIZACIÓN

Departamento	Municipio	Vereda	Macrocuenca / Cuenca / Microcuenca	Plancha <i>(No. Fuente y Escala)</i>
--------------	-----------	--------	---------------------------------------	---

Sitio

## GEORREFERENCIACIÓN

<b>1. Método</b> <input type="checkbox"/> GPS <input type="checkbox"/> Hoja Cartográfica <input type="checkbox"/> Otro	<b>2. Coordenadas Geográficas</b> Latitud <span style="border-bottom: 1px solid black; display: inline-block; width: 60px;"></span> Longitud <span style="border-bottom: 1px solid black; display: inline-block; width: 60px;"></span>	<b>3. Coordenadas Planas</b> NORTE (Y) <span style="border-bottom: 1px solid black; display: inline-block; width: 60px;"></span> ESTE (X) <span style="border-bottom: 1px solid black; display: inline-block; width: 60px;"></span> ALTITUD (metros) <span style="border-bottom: 1px solid black; display: inline-block; width: 60px;"></span>	<b>4. Origen coordenadas planas</b> <input type="checkbox"/> Bogotá <input type="checkbox"/> Este centro <input type="checkbox"/> Este Este <input type="checkbox"/> Oeste <input type="checkbox"/> Oeste Oeste
---	--	---	--

## III. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ENTORNO

### 1. Litología

1.1. Litología predominante

<input type="checkbox"/> Roca	<input type="checkbox"/> Ígnea	<span style="border-bottom: 1px solid black; display: inline-block; width: 100%;"></span> Tipo
	<input type="checkbox"/> Sedimentaria	<span style="border-bottom: 1px solid black; display: inline-block; width: 100%;"></span> Tipo
	<input type="checkbox"/> Metamórfica	<span style="border-bottom: 1px solid black; display: inline-block; width: 100%;"></span> Tipo

1.2. Meteorización

Fresca  
 Poco meteorizada  
 Moderadamente meteorizada  
 Muy meteorizada  
 Completamente meteorizada

## 2. Formación superficial

<input type="checkbox"/> Autóctona	<input type="checkbox"/> Suelo residual
<input type="checkbox"/> Alóctonas	<input type="checkbox"/> Aluvial
	<input type="checkbox"/> Coluvial
	<input type="checkbox"/> Fluvioglaciár
	<input type="checkbox"/> Torrencial
	<input type="checkbox"/> Glaciár
	<input type="checkbox"/> Volcánico
	<input type="checkbox"/> Antiguo deslizamiento
	<input type="checkbox"/> Otro <span style="border-bottom: 1px solid black; display: inline-block; width: 60px;"></span>

Unidad(es) geológicas(s)

Edad geológica

## 3. Geomorfología

3.1. Ambiente morfogenético

Denudacional  
 Denudacional estructural  
 Fluvial - Aluvial  
 Glaciár  
 Periglaciár  
 Eólico  
 Volcánico  
 Costero  
 Marino  
 Antrópico  
 Otro

3.2. Geoforma

Colina  
 Montaña  
 Piedemonte  
 Escarpe  
 Valle  
 Cañón  
 Abanico  
 Volcán  
 Otro

3.3. Forma de la pendiente

Recta  
 Convexa  
 Cóncava  
 Ondulada  
 Regular

3.4. Longitud de la pendiente

Muy corta (<50m)  
 Corta (50-250m)  
 Moder. larga (250-500M)  
 Larga (500-100M)  
 Muy larga (1000-2500M)  
 Extrem. larga (>2500M)

3.5. Inclínación de la pendiente

< 5° plana a suavemente inclinada  
 6°-10° moderadamente inclinada  
 11°-15° inclinada  
 16°-30° abrupta  
 31°-45° escarpada  
 >45° muy escarpada

GRIETAS

Ancho  
  
Profundo

## FRAGMENTOS DE ROCA

Naturaleza	Tamaño (cm)	Forma	Meteorización (grado)	Recubrimiento (%)
<input type="checkbox"/> Ígnea	<input type="checkbox"/> Gravilla (0,2 -2)	<input type="checkbox"/> Angular	Sin alteración	Poco (0-3)
<input type="checkbox"/> Metamórfica	<input type="checkbox"/> Cascajo (>2-8)	<input type="checkbox"/> Irregular	Mediana	Frecuente (>3-15)
<input type="checkbox"/> Sedimentaria	<input type="checkbox"/> Guijarro (>8-25)	<input type="checkbox"/> Plana	Fuerte	Abundante
	<input type="checkbox"/> Piedra (>25-60)	<input type="checkbox"/> Subredonda	Baja	
	<input type="checkbox"/> Laja (>60-200)			

#### 4. Clima

##### 4.1. Época

- Seca
- Lluviosa

##### 4.2. Clima ambiental

(provisional)

- |                                     |                                      |
|-------------------------------------|--------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Cálido     | <input type="checkbox"/> Árido       |
| <input type="checkbox"/> Medio      | <input type="checkbox"/> Muy seco    |
| <input type="checkbox"/> Frío       | <input type="checkbox"/> Seco        |
| <input type="checkbox"/> Muy frío   | <input type="checkbox"/> Subhúmedo   |
| <input type="checkbox"/> Extra frío | <input type="checkbox"/> Húmedo      |
| <input type="checkbox"/> Subnival   | <input type="checkbox"/> Muy húmedo  |
| <input type="checkbox"/> Nival      | <input type="checkbox"/> Superhúmedo |

##### 4.3. Clima edáfico

R. Temperatura (°C a 50 cm de prof.)

- Isomegatérmico (> 27°C)
- Isohipertérmico (23 - 27 °C)
- Isotérmico (15 - 22 °C)
- Isomésico (8 - 14°C)
- Isofrígido (< 8°C)
- Sin mediciones

R. de humedad

- Árido
- Muy seco
- Seco
- Subhúmedo
- Húmedo
- Muy húmedo
- Superhúmedo

#### 4. Aspectos biológicos

##### 4.1. Cobertura

- Bosques
- Arbustales
- Veg. Xerofítica
- Sabanas
- Cultivos
- Pastos
- Suelos desnudos
- Afloramientos rocosos
- Urbano

##### 4.2. Bioma

- Orobioma de páramo
- Orobioma altoandino
- Orobioma andino
- Orobioma subandino
- Orobioma bajo (basal)
- Orobioma azonal
- Zonobioma húmedo
- Zonobioma alternohigróico
- Zonobioma seco
- Zonobioma desértico

#### 5. Aspectos socioeconómicos

##### 5.1. Uso de la tierra

- Infraestructura
- Agricultura
- Ganadería
- Forestal
- Industrial
- Urbano
- Minero activo
- Minero inactivo
- Otro

##### 5.2. Tipos de uso de la tierra

- Cultivos anuales
- Cultivos bianuales
- Cultivos perennes
- Ganadería extensiva
- Ganadería intensiva
- Ganadería confinada
- Plantación forestal
- Extracción forestal (natural)
- Otro

##### 5.3. Prácticas de manejo

- Mecanización
- Laboreo y labrabranza
- Fertilización
- Desacapote y desyerbe
- Acequias y canales
- Pastos
- Riego
- Drenaje

Tipo

Tipo

#### 6. Degradación por erosión

##### 6.1. Tipo de erosión

- Hídrica
- Eólica
- Mixta

##### 6.2. Clase de erosión hídrica

- Laminar
- Surcos
- Cárcavas
- Hondonadas
- Laminar y surcos
- Surcos y cárcavas
- Terraceo y surcos
- Sin erosión

##### 6.3. Clase de erosión eólica

- Depresión de deflación
- Pavimento del desierto

##### 6.4. Grado del proceso

- Sin erosión
- Ligera
- Moderada
- Severa
- Muy severa

##### 6.5. Magnitud (% Área afectada)

- Baja (0-20%)
- Moderada (20-50%)
- Alta (>50%)

##### 6.6. Otras observaciones (sedimentos en superficie, en ríos; pérdida de suelos - estimación)

---

---

#### 7. Movimientos en masa

##### 7.1. Tipo de movimiento

- Caída
- Flujo
- Deslizamiento
- Volcamiento
- Propagación lateral
- Hundimiento
- Reptación
- Movimiento complejo
- Avenida torrencial
- Sofusión

##### 7.2. Desplazamiento relativo

- Lento
- Moderado
- Rápido

## 7. Fotografía / dibujo / perfil

## 8. Otras observaciones (sedimentos en superficie, en ríos; pérdida de suelos - estimación)

### 9. Descripción / observaciones de foto

No.foto \_\_\_\_\_

Coordenadas foto: \_\_\_\_\_

Orientación foto: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

### 10. Descripción / observaciones generales

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## 2.2.2. UBICACIÓN DE TRANSECTOS Y DISEÑO DEL MUESTREO

Esta actividad consiste en definir sobre el mapa preliminar de erosión los sitios y rutas que permitan la verificación de los límites delineados producto de la interpretación de las imágenes de sensores remotos y la localización de los sitios de muestreo para su caracterización. Existen varios métodos que permiten el diseño de esta actividad, considerando los rasgos e intensidad del proceso.

El método propuesto está relacionado con la ubicación estratégica de transectos transversales a los patrones de distribución de las unidades de erosión. Este método permite abarcar una gran gama de unidades y realizar su caracterización aplicando los formularios de captura de información y la toma de muestras. La ubicación de los transectos deberá considerar, aparte de la representatividad de las unidades, la accesibilidad y facilidad de trabajo.

El método de transectos es el más utilizado hoy en día en la mayoría de verificaciones de campo, debido a su utilidad y versatilidad. El método consiste en dibujar sobre el mapa preliminar una o varias líneas que atraviesen el mayor número de unidades cartográficas de erosión. Resulta ser muy útil cuando se presume el patrón de distribución del proceso. Sobre los transectos dibujados se ubican los puntos de

observación para la verificación de las delineaciones del mapa y la toma de información para su caracterización. Los métodos utilizados para la ubicación de los puntos o sitios de muestreo son: **red rígida, red flexible y muestreo libre.**

La red rígida normalmente es utilizada en mapas con escala con gran detalle, donde se deben verificar muchas unidades cartográficas de erosión. Se utiliza en áreas donde se dificulta la separación de unidades o se tiene duda de sus límites debido a las características pictóricas de la imagen del sensor de teledetección. Este método consiste en ubicar sitios por medio de la aplicación sistemática de una cuadrícula homogénea sobre el transecto. Los vértices de la cuadrícula corresponden a los sitios de muestreo; en cada uno de estos sitios se deben realizar las observaciones necesarias, la toma de datos en los formularios y la toma de muestras que se requieran.

La red flexible consiste en ubicar sitios de muestreo por medio de una red al azar, pero orientada de acuerdo con la variación de las distintas unidades cartográficas sobre el transecto. En principio se puede partir de una ubicación sistemática y luego se pueden mover los puntos, según los patrones de distribución espacial de los polígonos o delimitaciones. Es muy útil para valorar variaciones internas de cada uni-

dad y precisar los procesos específicos que se están dando, y además lograr una primera caracterización de la zona y cuantificación del proceso.

El muestreo o verificación libre se utiliza cuando se abarcan grandes superficies de terreno y no se dispone de suficiente tiempo o recursos para su verificación en campo. El método consiste en definir algunas rutas y sitios más adecuados sobre el mapa preliminar que tengan fácil acceso y permitan la observación de grandes extensiones o de muchas unidades cartográficas. Para el uso de este método es muy útil tener la red vial de la zona de trabajo ubicada sobre el mapa preliminar de erosión.

Para el nivel regional, se debe utilizar el método de red flexible combinado con muestreo libre.

Sobre el mapa preliminar se dibujan los transectos y sobre estos, por medio de una cuadrícula, se ubican los sitios para realizar el muestreo. En cada uno de estos sitios se debe levantar información para la caracterización de cada una de las unidades (consultar el **RECUADRO 1** sobre el formulario de campo). En cada sitio de muestreo se realiza lo siguiente:

- Aplicar el formulario de campo.
- Tomar mediciones de los rasgos o manifestaciones de la erosión (ancho, largo, distancia entre surcos o cárcavas, número de surcos o cárcavas por m<sup>2</sup> o Dm<sup>2</sup> o ha).
- Tomar muestras de suelos para enviarlas al laboratorio.
- Realizar un registro fotográfico o filmico del sitio.
- El número de muestras depende de la variabilidad de la población (unidades cartográficas) y del nivel de precisión y confiabilidad deseado. El intervalo de muestreo se puede esta-

~ En la erosión moderada se evidencia una clara remoción de los horizontes superficiales del suelo. Cuando la capa de suelo ha perdido espesor, se aprecian manifestaciones de surcos, terraceos y pequeñas cárcavas. Las funciones bióticas originales se encuentran parcialmente destruidas. ~

blecer espaciando sistemáticamente las observaciones a través de la zona de interés o ubicando sitios de muestreo según el patrón espacial.

### 2.2.3. DEFINICIÓN DE RECORRIDOS DE CAMPO Y CONVOCATORIA DE ACTORES DE APOYO

Esta actividad es fundamental luego de haber realizado una interpretación preliminar de la zonificación de la degradación de suelos por erosión, donde el intérprete cartográfico definirá qué áreas son las importantes a recorrer, con el fin de verificar o corroborar alguna información.

Se debe hacer una convocatoria oficial entre instituciones participantes y a los actores locales y/o regionales a vincular en el proceso de campo, con el fin de que brinden el apoyo técnico y logístico para el ingreso a la zona.

## 2.3. ETAPA DE TRABAJO DE CAMPO

La etapa del trabajo de campo tiene varios propósitos:

- Verificación del mapa preliminar elaborado por medio de imágenes de sensores remotos.

- Captura de datos de mediciones tomadas en el terreno sobre los distintos rasgos que se evidencian (cárcavas, surcos, pedestales, entre otros).

- Toma de muestras de horizontes, a diferentes profundidades para realizar análisis de laboratorio.

Las principales actividades que se desarrollan en esta etapa son:

### 2.3.1. RECORRIDO GENERAL DE RECONOCIMIENTO DE LA ZONA Y VERIFICACIÓN DE ACCESIBILIDAD

La primera actividad en el trabajo de campo consiste en realizar un recorrido general por toda la zona de estudio con el fin de aprobar o modificar el diseño de muestreo propuesto, de acuerdo con su representatividad sobre el terreno y las facilidades de accesibilidad.

En este recorrido, para cada uno de los transectos, se verificará su ubicación y delimitación con el fin de ajustarlos, modificarlos o cambiarlos en caso de no ser representativos en el terreno o no tener condiciones de trabajo propicias. De igual manera, se deberá transitar por las vías más importantes y considerar su movilidad, así como

precisar tiempos de recorrido y dificultades a tener en cuenta para el momento de realizar el trabajo efectivo de campo.

Es importante procurar salir en época seca, ya que es cuando más se expresan los procesos de erosión hídrica y eólica, a diferencia de las épocas de lluvias, cuando la vegetación colonizadora y arvense camufla los procesos de degradación. Así mismo, en la época seca es cuando se puede transitar por muchas carreteras secundarias destapadas.

### 2.3.2. MUESTREO Y OBSERVACIONES EN TERRENO DE VERIFICACIÓN DE DELINEACIONES DEL MAPA Y CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO

Una vez realizado el recorrido general, ubicados y verificados los transectos y su accesibilidad, se corroborarán las delineaciones del mapa de erosión preliminar y su calificación, por medio de observación directa y la captura de puntos de GPS.

Para esta verificación se deberán tener en cuenta los sitios de mayor visibilidad del paisaje y de mejor acceso. Se confrontará con los patrones espaciales asociados a la interpretación y se realizarán los ajustes respectivos tanto en el mapa como en la leyenda preliminar.

De acuerdo con el diseño ajustado sobre el mapa preliminar, se realizará el trabajo efectivo de campo en los puntos señalados en el diseño, que consiste en la aplicación del formulario de campo y toma de datos relacionados con:

- Información general del sitio: ubicación geográfica, coordenadas geográficas o planas, condiciones climáticas, características geomorfológicas, unidad de suelos, tipo de uso de la tierra, bioma y ecosistema.

- Información específica: rasgos o manifestaciones de la erosión, dominio de los rasgos en el terreno, intensidad del proceso, calificación del sitio y de la unidad por erosión, cuantificación y medición de los rasgos (ej. 3 surcos por metro cuadrado; cárcavas con 70 cm de profundidad y 30 cm de ancho, distanciadas cada 100 cm aprox.).

- Elaboración de dibujo y perfil del sitio, representación espacial de la unidad.

- Toma de registro fotográfico y fílmico.

### 2.3.3. TOMA DE MUESTRAS DE SUELOS

En los horizontes superficiales u horizontes expuestos, se deben tomar muestras indisturbadas para densidad aparente y conductividad hidráulica y muestras disturbadas para el análisis físico-químico de laboratorio.

Para los niveles regional y local se deben obtener registros de comparación de un suelo con procesos de erosión y en la misma unidad, sin procesos de erosión. Para el caso de la erosión hídrica, se deben tomar fotos o imágenes de raíces de árboles y arbustos descubiertas, y otras que evidencien la pérdida de suelos; incluso para niveles más detallados se recomienda aproximar a toneladas por hectárea de suelo perdido.

En la erosión eólica es importante evidenciar los procesos de acumulación de sedimentos, filmar el movimiento de las partículas, la dirección del follaje de los árboles, entre otros.

### Análisis de laboratorio de suelos

Los principales análisis a realizar en el laboratorio de suelos consisten en:

- Textura por Bouyoucos y pipeta.

~ El método propuesto para la zonificación de la erosión está relacionado con la interpretación de imágenes de satélite, y se valida en campo por medio de observaciones y muestreos en transectos transversales a los patrones de distribución de las unidades erosión. ~

- Estabilidad estructural por tamaño de agregados.
- Consistencia en húmedo y líquido.
- Densidad aparente y real.
- Porosidad.
- Permeabilidad y conductividad hidráulica.

Aunque no es estrictamente necesario un análisis químico, conviene realizarlo con el fin de tener elementos adicionales al análisis de la evaluación con respecto a variables físico-químicas de los suelos. El análisis químico permitirá realizar cálculos para cuantificar las pérdidas de nutrientes a causa del proceso erosivo en estudios detallados. El análisis químico debe contener como mínimo:

- Capacidad de intercambio catiónico.
- Elementos mayores N, P, K.
- Elementos secundarios Ca, Mg, Na.
- pH.
- Contenido de carbono orgánico y tipos de materia orgánica.

## 2.4. ETAPA DE POSTCAMPO

En esta etapa se realizan actividades tendientes a efectuar ajustes a los procesos anteriores de acuerdo con el trabajo de campo. También se debe llevar a cabo la caracterización biofísica de la zona y la validación estadística de los

resultados obtenidos. Las principales actividades que se desarrollan son:

- Elaboración del mapa final de erosión y su leyenda.

- Interpretación de análisis de laboratorio de las muestras de suelos.

- Organización, sistematización de datos biofísicos y registros gráficos de las evidencias.

- Elaboración de la caracterización biofísica de la zona.

### 2.4.1. Elaboración del mapa final de degradación por erosión y ajuste de la leyenda final

En esta actividad se realiza una revisión total del mapa preliminar de degradación por erosión, de acuerdo con las observaciones y patrones identificados y confrontados en el terreno. Se hacen los ajustes necesarios y las modificaciones en cada una de las delineaciones que lo ameriten con respecto a la relación imagen-terreno verificada en campo, según la escala local utilizada (mayor a 1:25.000).

De otra parte, se elaboran los análisis básicos espaciales de relacionamiento con las unidades de suelos, de ecosistemas y de usos

~ De acuerdo con el *Manual de conservación de suelos y aguas de México* (Colegio de Postgraduados, 1977), la cárcava es la forma producida por la socavación repetida sobre el terreno, debida al flujo incontrolado de los escurrimientos superficiales. ~

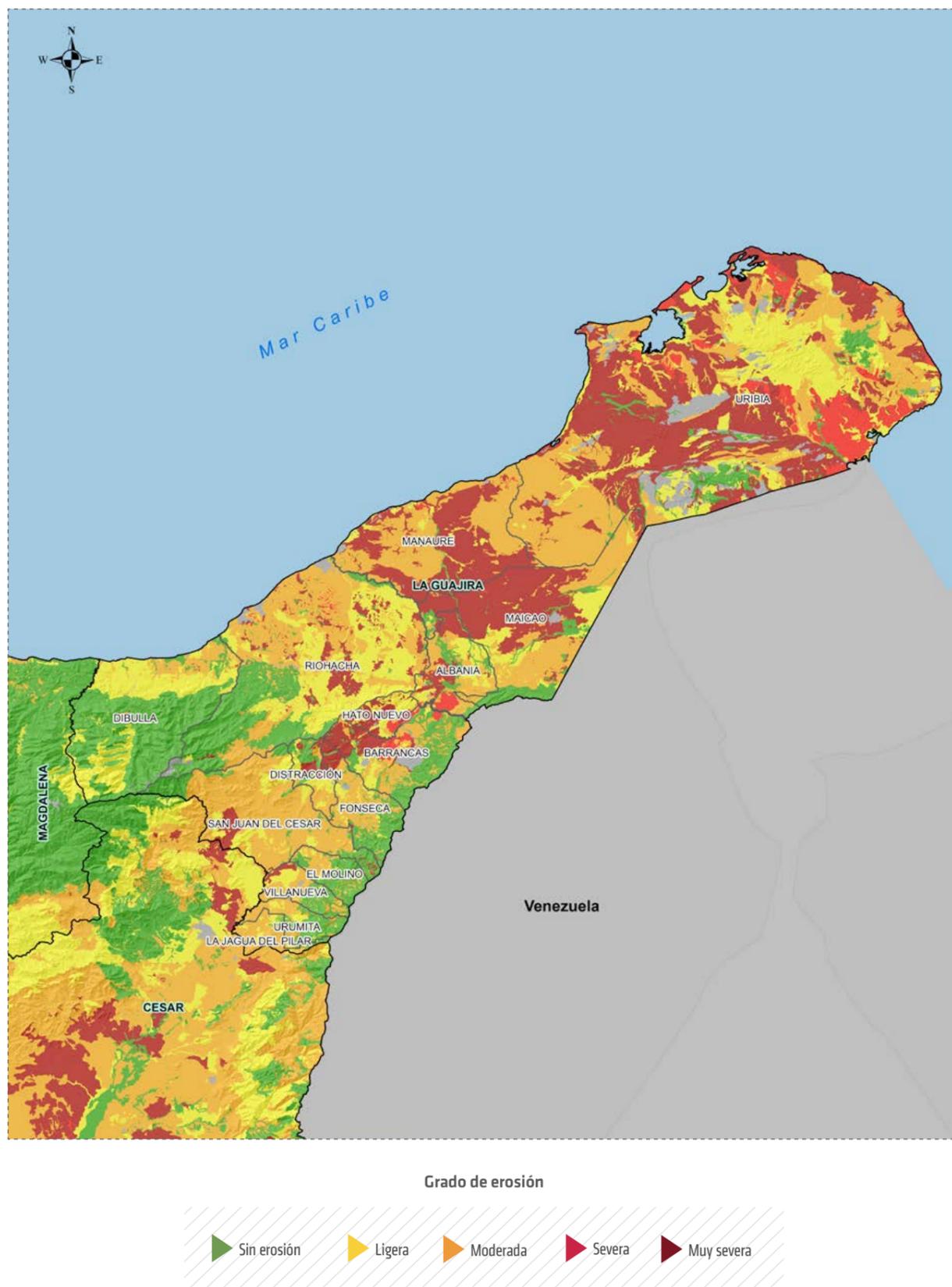


Figura 2.32. ~ Ejemplo de zonificación de la degradación por grado de erosión para el departamento de La Guajira.

actuales de la tierra. Con los resultados obtenidos, se estructura la leyenda final del mapa y se cuantifica la extensión para cada una de las clases establecidas.

#### 2.4.2. Control de calidad del mapa de zonificación de la degradación por erosión

El control de calidad hace referencia a un proceso de revisión y corrección continuo y sistemático que siga el avance de las diferentes actividades que se deben adelantar en cada una de las etapas del proceso de interpretación y elaboración de la zonificación de degradación por erosión, con el propósito de garantizar la calidad geométrica, temática y topológica de la base de datos.

El proceso de control de calidad de la zonificación de la erosión, entregada por los intérpretes, contempla dos fases iniciales: control de calidad temático y control de calidad topológico. Una vez cumplidos los requisitos mínimos de estos dos controles de calidad, se aplica el control de calidad de empalmes y de grandes bloques.

En la fase de control de calidad temático se evalúan los siguientes

aspectos: **codificación, delimitación y nivel de detalle.**

- Codificación: Se evalúa si cada polígono tiene asignado el código que representa la clase interpretada sobre la imagen.

- Delimitación: Se evalúa la precisión en el trazado de los polígonos, observando que encierren con la mayor exactitud la clase evidenciada en la imagen, y que no presenten bordes angulados por falta o por exceso de vértices.

- Nivel de detalle: Se verifica que los polígonos delimiten en lo posible unidades puras siguiendo los criterios de área y ancho para cada clase.

El control de calidad topológico se refiere específicamente a la calidad del archivo de polígonos donde se evalúa la correcta adyacencia entre ellos, es decir, que no existan vacíos, superposiciones, o polígonos adyacentes con el mismo código. Se debe verificar que los polígonos tengan el área mínima requerida. También es necesario hacer una revisión de los campos contenidos en la base de datos que deberían estar diligenciados.

~ El proceso de control de calidad de la zonificación de la erosión, entregada por los intérpretes, contempla tres fases: control de calidad temático, control de calidad topológico y control de calidad de empalmes y de grandes bloques. ~

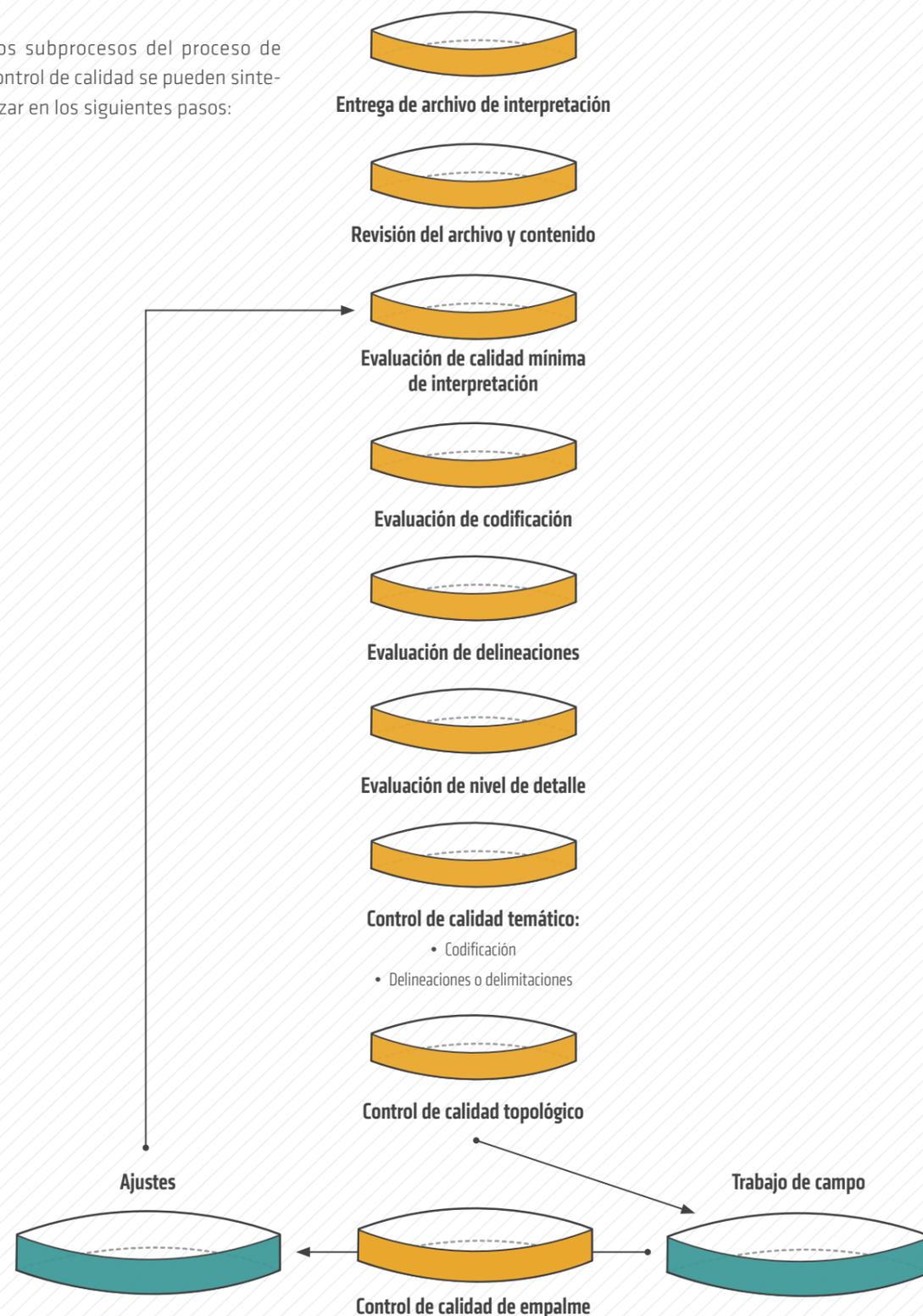
Cuando se trata de hojas cartográficas oficiales, según escalas del IGAC, se deberá verificar el correcto empalme con las hojas cartográficas adyacentes. El control de calidad de empalmes se realiza al final del proceso de interpretación, una vez aprobados los controles de calidad temáticos y topológicos a cada uno de los archivos de los intérpretes y por supuesto empalmados entre sí y entre grandes bloques cuando sea necesario.

#### ~ Criterios y etapas para realizar el control de calidad de la zonificación de degradación por erosión

El control corresponde a un proceso de revisión que se adelanta sobre la cartografía temática, con el propósito de evaluar y garantizar la confiabilidad y la exactitud y el estándar de calidad, de acuerdo con la base de datos diseñada para el proyecto de zonificación de degradación de suelos por erosión. El proceso consiste en una revisión continua sobre la cartografía de erosión para evaluar la exactitud de los polígonos en cuanto a su delimitación, simbología y nivel de detalle. Las inconsistencias debido a una incorrecta delimitación y/o asignación de símbolos son registradas, con el fin de comunicar al intérprete para que realice los ajustes y las correcciones respectivas.

Las inconsistencias encontradas en los aspectos temáticos y topológicos deben evaluarse y considerarse en una fase de corrección, donde se pueda adelantar una integración de todas ellas y cuyas modificaciones puedan ser efectuadas directamente sobre la base de datos, en la medida en que el control de calidad lo permita, y apoyadas en los trabajos de campo. De este modo, constituyen un insumo importante para mejorar la calidad general de dicha base.

Los subprocesos del proceso de control de calidad se pueden sintetizar en los siguientes pasos:



1. Entrega del archivo cartografía de interpretación
2. Revisión inicial del archivo y su contenido
3. Revisión del formato del archivo, sistema de proyección de coordenadas y tabla de atributos
4. Evaluación de la codificación o asignación de símbolos
5. Evaluación de las delineaciones o delimitaciones
6. Evaluación del nivel de detalle o unidades mínimas de mapeo
7. Control de calidad temático (sistemático y al azar)
8. Control de calidad topológico (geometría, topología, adyacencia, codificación, fuente)
9. Control de calidad del empalme
10. Control de calidad del mosaico final

En la **figura 2.33** se representa la secuencia lógica para llevar adelante el control de calidad de las hojas cartográficas 1:100.000 de la zonificación de degradación de suelos por erosión.

• **Entrega del archivo cartografía de interpretación**

El intérprete entregará el producto de la interpretación digital de erosión estructurado sobre las hojas cartográficas oficiales del IGAC, según la escala (ej. 1:100.000). Se entregarán los archivos en formato digital que conforman el *shape*, el modelo de erosión y el mosaico de imágenes. Junto con esto, un breve informe con la metodología utilizada, en particular sobre los tratamientos de procesamiento de imágenes realizados como composición de bandas, reales y algoritmos aplica-

dos, imágenes complementarias o de apoyo, uso del modelo indicativo de erosión o de mapas temáticos (suelos, geomorfología, clima, etc.) y dificultades o problemas presentados.

• **Revisión del archivo y su contenido**

Los archivos digitales del mapa serán revisados en el programa de sistema de información geográfico utilizado, con el fin de verificar su integridad y que abran de forma adecuada. Se debe tener en cuenta que se visualice correctamente, contenga los códigos de cada polígono y coincida geográficamente con la imagen interpretada.

Los atributos mínimos de la zonificación de erosión están constituidos por los campos Código, Tipo, Clase, Grado, Insumo, Apoyo y Observaciones.

• **Código:** Es el código o símbolo de la nomenclatura de erosión. Tiene 3 dígitos, conformados por el tipo, la clase y el grado de erosión. Este se escribe sin puntos de la siguiente manera: 234. Formato de columna tipo "Short Integer".

• **Tipo, Clase y Grado:** Se refieren a las categorías de calificación de la erosión según el modelo del ítem 2.4.2, que corresponde a la base de datos del mapa

• **Insumo:** Corresponde a la referencia de la imagen satelital que sirvió para la digitalización de los polígonos. En caso de que un polígono caiga sobre dos imágenes, se precisa la referencia de las dos imágenes. Formato de columna tipo "Text".

• **Apoyo:** Contiene las referencias de los datos auxiliares que sirvieron para inter-



Figura 2.33. ~ Etapas del control.

preparar el polígono (fotografías aéreas, cartografía temática o básica, modelo indicativo de erosión). Formato de columna tipo "Text".

• Observaciones: Es un campo donde se anotan los aspectos relevantes

para la correcta interpretación y delimitación del polígono. Se aprovechará para aclarar posibles dudas en la delimitación o la asignación del código, la confiabilidad del mismo o la necesidad de realizar verificación de campo o de otras fuentes, etc.

El sistema de coordenadas utilizado para la estructuración de los datos para la zonificación de degradación de suelos por erosión obedece a los parámetros definidos por el IGAC, que corresponde a Magna Sirgas en geográficas. Los parámetros del sistema son los siguientes:

<b>Nombre</b>	GCS_MAGNA
<b>Datum</b>	MAGNA - SIRGAS
<b>Esferoide</b>	GRS_1980
<b>Semieje mayor</b>	6 378 137,000 00 m
<b>Semieje menor</b>	6 356 752,314 14 m
<b>Aplanamiento recíproco</b>	298,257 222 101
<b>Unidad angular</b>	Grado (0,017453292)
<b>Primer meridiano</b>	Greenwich (0,00000)

**• Evaluación de calidad mínima de la interpretación**

En esta etapa se realiza una revisión general de la interpretación y su base de datos considerando la asignación de códigos, los límites de las delineaciones y el nivel de detalle (área mínima) de los polígonos. El criterio es la verificación y aceptación de un grado de inconsistencia menor al 50% definido sobre una red regida de 30 x 30 km, sobre la hoja cartográfica 1:100.000 (ver tabla 2.7).

En caso de no cumplir con estas especificaciones, el archivo será devuelto al intérprete para su ajuste y corrección en la interpretación, en la asignación de códigos y en el nivel de detalle de los polígonos.

**• Evaluación de la codificación o asignación de símbolos**

Una de las actividades importantes antes de analizar las delineaciones será revisar la base de datos o tabla de atributos, concentrándose en la verificación de los códigos asignados a cada uno de los polígonos y su correspondencia con

los nombres de la clasificación de tipo, clase y grado. De igual manera se debe realizar para los polígonos distintos a la erosión (ej. zonas urbanas, ríos, cuerpos de agua, etc.).

Es importante garantizar el correcto diligenciamiento de los campos contenidos en la geodatabase (Código, Insumo, Apoyo, Observaciones). Para esto es necesario abrir la tabla de la interpretación y hacer una revisión de todos los campos. No deben existir códigos que no estén consignados en la leyenda, ni polígonos sin código. Todos los polígonos deben contener en el campo Insumo el nombre de la



imagen con la que fue hecha la interpretación y la fecha de la misma. Los campos Apoyo y Observaciones no son obligatorios para cada polígono; depende de cada caso específico que reporte el intérprete.

Este ejercicio se debe realizar para el 100% de los polígonos de cada hoja cartográfica. El nivel de aceptación deberá ser mayor al 85%. En tal caso que sea inferior, el archivo será devuelto al intérprete para su ajuste y corrección.

• **Evaluación de las delineaciones o delimitaciones**

Esta es una de las labores más importantes en el control de calidad del mapa. Para tal fin, se debe crear una capa de puntos vacía con un campo de tipo texto donde se almacenará la observación que se estime conveniente respecto a los polígonos que se considere necesario corregir. La revisión se debe realizar de dos formas: sistemática y al azar o al 100% (en caso que el número de polígonos no sea excesivo).

La revisión sistemática se hará siguiendo la grilla de 10x10 km, de izquierda a derecha y de arriba abajo para garantizar que sea un proceso sistemático y continuo. Se debe apoyar en otras fuentes de información, en especial en imágenes de mayor resolución como fotografías aéreas, además de la verificación en campo si se requiere. Una vez realizada la revisión de la grilla, se deberá complementar con una serie de polígonos definidos al azar y que no se hayan revisado; si fuese posible, lo ideal sería la revisión al 100% de los polígonos.

Al final se evalúa la exactitud del mapa con respecto a esta revisión, considerando como mínimo un nivel del 85% de exactitud, o sea, como mínimo un 85% de los puntos revisados deberán ser aprobados en su delimitación. En caso de no cumplir con este requisito se devolverá al intérprete para hacer las correcciones, las cuales serán verificadas por el encargado

Polígono	Código	Delimitación	Nivel de detalle
OID	Cumple/No Cumple	Cumple/No Cumple	Cumple/No Cumple



Tabla 2.7. ~ Evaluación de calidad mínima de la interpretación.

del control de calidad para avalar la interpretación. Este ejercicio se deberá realizar cuantas veces sea necesario para cumplir con el requisito de calidad.

• **Evaluación del nivel de detalle o unidades mínimas de mapeo**

Para realizar la evaluación del nivel de detalle es necesario calcular el área de los polígonos en unidades de hectáreas. El criterio utilizado a la escala 1:100.000 considera un área mínima mayor o igual a 25 hectáreas, mayor o igual a 5 hectáreas (para la categoría 1 del nivel 1 de la nomenclatura de Corine Land Cover, polígonos distintos a erosión) y ancho mayor a 50 metros. Una vez identificados los polígonos que no alcancen estas especificaciones, se deben revisar uno a uno para aplicar criterios de generalización e incorporarlos al polígono adyacente con mayor prelación.

• **Control de calidad temático**

Para definir el grado de exactitud del mapa de zonificación de degradación de suelos por erosión, se podrá realizar un cálculo ponderado considerando los tres criterios de evaluación: codificación, delimitación temática y nivel de detalle. El propósito es la aceptación de cada uno de ellos con al menos el 85% en su revisión.

El cálculo será ponderado de acuerdo con un peso específico para el con-

junto de las variables. En este caso el peso mayor será considerado para la calidad en la delimitación con 50 puntos, seguido de la calidad en la codificación con 30 puntos y la calidad en el nivel de detalle con 20 puntos.

• **Control de calidad topológico (geometría, topología, adyacencia, codificación, fuente)**

Una vez realizada la evaluación de la calidad temática del archivo, se procede a verificar su consistencia topológica, por medio de las herramientas de topología de los programas de sistemas de información geográfica. El objetivo es la revisión y ajuste de los siguientes aspectos:

- Revisar y reparar la geometría del archivo, ya que las operaciones de digitalización pueden generar nodos que no deberían existir en la capa de polígonos.
- La existencia de polígonos con multipartes, es decir, polígonos almacenados como un mismo registro en la tabla pero que geográficamente son independientes.

• **Revisar la presencia de polígonos adyacentes con el mismo código**

Para corregir este tipo de error se debe tener especial cuidado ya que las fuentes del error pueden ser dos básicamente: que los 2 o más polígonos adyacentes correspondan a la misma unidad de interpretación,

o que alguno de los polígonos tenga un error en el código y que dicho error se haya pasado por alto en el control de calidad temático. El primer paso para la corrección es visualizar los polígonos adyacentes que figuran con el mismo código. Para esto es necesario comparar la capa de polígonos originales con una capa de polígonos nueva generada a partir de un *Dissolve* o generalización por disolución de polígonos.

• **Revisar la presencia de sobreposición entre polígonos o espacios vacíos entre los mismos**

Para detectar y corregir estos posibles errores es necesario crear unas reglas topológicas y validarlas, como que no se superpongan polígonos (Must Not Overlap), y que no existan espacios vacíos entre polígonos (Must Not Have Gaps). Al finalizar esto se creará la topología y su validación.

- Para la detección y corrección de los errores derivados de la topología, se pueden utilizar las distintas herramientas que los sistemas de información geográfica contienen. Los errores detectados deberán ser corregidos por el intérprete.

**Control de calidad del empalme y del mosaico final**

Una vez efectuados los pasos del control de calidad de las interpretaciones por cada hoja cartográfica, se debe crear un solo archivo con el mapa de zonificación por erosión que permita garantizar una continuidad temática y topológica coherente. Para esto se crea un nuevo archivo donde se cargarán todas las interpretaciones que se van a empalmar y se comienzan a editar y unir los polígonos del límite de las interpretaciones.

Una vez se hayan revisado las uniones, es importante volver a verificar la topología del archivo final y el área de los polígonos.

**Lineamientos para el proceso de estimación de la precisión temática de la zonificación de degradación de suelos por erosión**

Una de las preguntas más frecuentes en cualquier proceso de zonificación o mapeo es ¿cuál es la precisión del mapa?, entendiéndose la precisión para este caso como el grado de confiabilidad de la información temática o las calificaciones de tipo, clase y grado de erosión en cada una de las delineaciones del mapa.

La definición de precisión está referida en particular a los instrumentos de medición y es considerada como “la proximidad entre las indicaciones y los valores medidos obtenidos en mediciones repetidas de un mismo objeto, bajo condiciones específicas. La precisión se puede expresar numéricamente mediante medidas de dispersión tales como desviación típica o el coeficiente de variación bajo las condiciones específicas”.

Para el caso particular de la línea base de la zonificación de degradación de suelos por erosión, se considera la precisión de acuerdo con el

cálculo o estimación de 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 de mayor resolución espacial con las cuales fue producido el mapa.

Para definir el grado de precisión del mapa de zonificación de degradación de suelos por erosión, se debe realizar un cálculo ponderado considerando los tres criterios de evaluación: codificación, delimitación temática y nivel de detalle. El propósito es la aceptación de cada uno de ellos con al menos el 85% en su revisión.

Aunque existen varios métodos para el cálculo de la precisión de los mapas temáticos, se propone el método sugerido por el Programa GLOBE (Global Learning and Observations to Benefit the Environment, 2003) debido a su sencillez para su aplicación. El método consiste en seleccionar al azar un número representativo de sitios o puntos de control en el mapa. Estos sitios deberán ser visitados en campo con el fin de verificar la codificación o calificación de la erosión. En caso de no poder realizar la visita en campo a todos los puntos debido a la accesibilidad o costos, se podrá verificar por medio de fotografías aéreas de la misma temporalidad.

~ Para definir el grado de exactitud del mapa de zonificación de degradación de suelos por erosión, se podrá realizar un cálculo ponderado considerando los tres criterios de evaluación: codificación, delimitación temática y nivel de detalle. ~

Con la información de verificación colectada en campo o con otros medios, se crea un cuadro comparativo de las clasificaciones de mapas y los datos de validación de los sitios de muestreo, donde se registra la codificación o símbolo del mapa y la codificación de los datos de

campo sobre el mismo polígono o delineación. Se realiza la comparación y se define la igualdad o diferencia de la información. De esta manera se puede estimar cuántos puntos corresponden a la calificación del mapa y cuántos puntos son diferentes.

Considerando el ejemplo de la **tabla 2.8**, se verificó la información para 10 puntos, de los cuales 8 fueron iguales pero 2 fueron diferentes. Con esta información se podría realizar el cálculo de la precisión del mapa de la siguiente manera:

$$\text{PRECISIÓN} = \left( \frac{\# \text{ IGUALES}}{\# \text{ TOTAL PUNTOS}} \right) * 100$$

$$= \left( \frac{8}{10} \right) * 100 = 80\%$$

Sitio	Código del mapa	Código del punto de control - Validación	Diferencias	
1	Hídrica-Laminar-Ligera	Hídrica-Laminar-Ligera	✓	
2	Hídrica-Terraceo y surcos-Moderada	Hídrica-Terraceo y surcos-Severa		X
3	Hídrica-Surcos y cárcavas-Severa	Hídrica-Surcos y cárcavas-Severa	✓	
4	Hídrica-Laminar-Ligera	Hídrica-Laminar-Ligera	✓	
5	Hídrica-Terraceo y surcos-Moderada	Hídrica-Terraceo y surcos-Moderada	✓	
6	Hídrica-Laminar y surcos-Moderada	Hídrica-Laminar y surcos-Moderada	✓	
7	Hídrica-Laminar y surcos-Severa	Hídrica-Laminar y surcos-Severa	✓	
8	Hídrica-Laminar-Ligera	Hídrica-Laminar y surcos Moderada		X
9	Hídrica-Terraceo y laminar-Moderada	Hídrica-Terraceo y laminar-Moderada	✓	
10	Hídrica-Surcos y cárcavas-Muy severa	Hídrica-Surcos y cárcavas-Muy severa	✓	

El número de puntos de control es importante y se puede definir de distintas maneras empleando métodos estadísticos de acuerdo a la representatividad de cada una de las categorías del mapa y su distribución espacial.

#### Interpretación de los datos de los análisis de las muestras de suelos

Una vez se tengan los resultados de laboratorio de suelos pertinentes, se debe realizar un análisis interpretativo de estos datos con respecto al

proceso de erosión. En este sentido, en estudios detallados es muy útil aplicar fórmulas y modelos para cálculos tales como:

- La erodabilidad de cada una de las unidades de suelos (relación entre textura, permeabilidad, estructura y materia orgánica).
- La estabilidad estructural y pérdida de agregados (< 2 mm).
- La pérdida de material de suelos (toneladas por hectárea).

• La pérdida de nutrientes (N, P, K, S, Ca, Mg, Na por hectárea).

• La pérdida de carbono orgánico y su relación con el secuestro de carbono y el cambio climático.

#### 2.4.5. Organización y sistematización de datos

La información consignada en cada uno de los formularios de campo será organizada en las bases de datos establecidas para este proceso, es decir, en el sistema de información para degradación de suelos. ■



**Tabla 2.8.** ~ Ejemplo de comparación de datos del mapa y verificación en campo en puntos de control.

# 3. FASE DE CARACTERIZACIÓN

En la fase de caracterización se describen los procesos de erosión en las unidades de análisis, a partir de la revisión de información primaria y secundaria de tipo biofísico, ecosistémico, social, económico y cultural. Esta fase se compone de etapas secuenciales, con el fin de lograr la caracterización biofísica y socioeconómica de las unidades de análisis y establecer los posibles agentes causantes del proceso de erosión y las consecuencias que este ha tenido en los aspectos ambientales, sociales y económicos.

Las etapas son: planeación, trabajos de campo y postcampo. Se sugiere que la caracterización de factores determinantes de la erosión sea realizada por profesionales que tengan conocimiento de los procesos de degradación de suelos, específicamente de la erosión, que estén abiertos a la comprensión de las problemáticas socioculturales. También conviene integrar a expertos en temas sociales que a su vez comprendan las dinámicas ecosistémicas de los suelos.

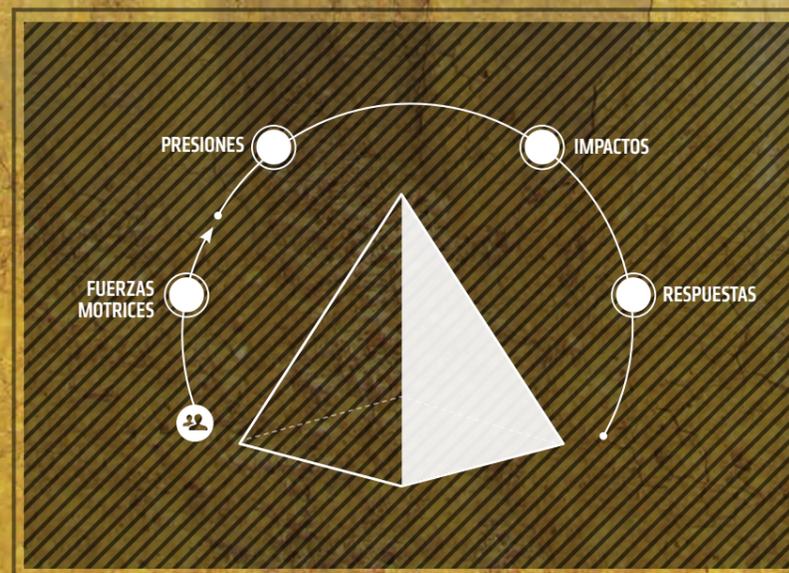
## 3.1. ETAPA DE PLANIFICACIÓN

### 3.1.1. UNIDADES DE REFERENCIA ESPACIAL

En esta actividad se define el objeto de estudio, dando relevancia a las unidades espaciales de trabajo, enfoques local, regional y nacional. En cada uno de estos enfoques, es necesario determinar las escalas espaciales de análisis, referenciadas principalmente en las escalas cartográficas, así como también las unidades espaciales de referencia como lo son las unidades político-administrativas (vereda, corregimiento, municipio, departamentos y país), cuencas hidrográficas (micro y macrocuencas) y corporaciones autónomas regionales, que serán utilizadas en la fase de análisis y evaluación.

Los procesos de erosión se ocasionan y afectan no solamente el suelo

sino todo el entorno (tierras, ecosistemas y territorios); por tanto, se deben entender desde la perspectiva biofísica y socioeconómica. Las unidades de referencia permiten realizar análisis y comparaciones del estado actual y de la tendencia de la degradación de suelos por erosión. La unidad biofísica de referencia predilecta corresponde a la cuenca (macrocuenca, mesocuenca, microcuena) y al ecosistema (gran bioma, bioma, ecosistema) en la categoría adecuada según la escala de trabajo; sin embargo, las unidades de suelos y geomorfología son más comunes ya que son las de directa afectación. La unidad socioeconómica de referencia espacial será el municipio y las subdivisiones más detalladas que se puedan delimitar, como inspecciones, corregimientos, veredas o incluso los predios o fincas. Otra unidad importante de referencia corresponde a departamentos, municipios y jurisdicciones de las CAR, ya que funcionan como unidades de gestión



administrativa y económica, desde donde se financian y ejecutan proyectos de desarrollo y de conservación de los recursos naturales y del medio ambiente.

Las unidades de referencia también permiten realizar análisis o correlaciones y generar nueva información cartográfica de interés. En este sentido, el mapa (puro) de degradación de suelos por erosión deberá contener información de tipo biofísico y socioeconómico que amerite la separación de una categoría y la creación de otras. Un ejemplo está relacionado con el uso de la tierra, de tal manera que una categoría de erosión hídrica por surcos podría separarse si ocurre en sis-

### 3.1.2. ELABORACIÓN O ADQUISICIÓN DE INFORMACIÓN CONEXA

La caracterización de los factores determinantes de degradación de suelos por erosión requiere adquirir o elaborar información y mapas de otras temáticas relacionadas que apoyen la explicitación del estado de la erosión en la misma escala espacial. Dentro de las temáticas relacionadas se debe recurrir a información espacial climática, geomorfológica, y de suelos, uso y cobertura actual de la tierra, tenencia y distri-

tema de proyección, coordenadas de origen y demás información cartográfica. También se debe realizar una revisión y valoración de la calidad de la información, así como establecer la validez temporal por medio de los metadatos.

La metodología LADA (2007) da importancia al uso de la tierra, de acuerdo a sistemas de uso de la tierra LUS y tipos de uso de la tierra LUT, en la evaluación de la degradación de las tierras, como referente y principal causa del proceso. Al respecto, se considera necesario adquirir o elaborar los mapas de usos de la tierra, según escala del nivel local de la zona de trabajo con el fin de establecer las relaciones entre el uso y sus prácticas con los procesos de erosión. Un ejemplo de esto es la relación de la deforestación con la activación de los procesos erosivos o los cultivos limpios en zonas de ladera. De igual manera, el contexto biofísico y socioeconómico contribuye a la interpretación de los procesos.

Para el nivel regional, conviene utilizar el ejercicio de coberturas de la tierra Corine Land Cover más actualizado, compilado por el IDEAM, a escala 1:100.000 para todo el país, y los estudios generales de suelos departamentales elaborados por el IGAC. También se debe adquirir el mapa de biomas de la zona, según la metodología utilizada para el mapa de ecosistemas terrestres, marinos y costeros (IDEAM *et al.*, 2007 y 2015) o bien por los ejercicios regionales adelantados por el IAvH y las distintas corporaciones regionales.

### 3.1.3. REVISIÓN DE INFORMACIÓN BIBLIOGRÁFICA

Esta actividad consiste en realizar una revisión bibliográfica que permita tener una visión general del territorio en sus características biofísicas, socioeconómicas e históricas y un contexto sociocultural del fenómeno de la degradación de suelos. De acuerdo con esta visión, se diseñan instrumentos para la

toma de información y se definen recorridos para las visitas de campo.

Con el fin de recolectar información de carácter secundario, que permita una revisión previa de las características, en cada una de las unidades de análisis y de referencia definidas en el componente biofísico, se debe realizar una revisión bibliográfica y/o documental sobre aspectos históricos, dinámicas demográficas, medios de vida, cultura y tradiciones, uso y aprovechamiento de recursos naturales, entre otros aspectos, que entregan una visión previa para abordar el proceso de recolección de información primaria, y posteriormente desarrollar la metodología para la caracterización socioeconómica y finalmente la evaluación integral del fenómeno. Esta compilación de datos biofísicos y datos socioeconómicos está orientada a obtener la información relevante de la degradación de los suelos por erosión.

Esta revisión bibliográfica deberá incluir temas como:

- Revisión histórica de la construcción de territorio, procesos y modelos de colonización, determinantes culturales en el aprovechamiento y uso de los recursos naturales, cosmovisión, análisis de clases dominantes y poder hegemónico, modos de producción y tipos de cultivos, relación con mercados y demanda interna. Estos estudios pueden encontrarse en universidades, bibliotecas o internet.
- Dinámicas demográficas, a nivel municipal. La fuente de información es el DANE o el municipio.
- Información cartográfica digital (*shapes*) para analizar reportes estadísticos del SIG.
- Roles y responsabilidades de la institucionalidad estatal y privada: ¿Qué entidades trabajan o desarrollan pro-

yectos relacionados con la degradación de suelos? Las fuentes de información son gobernaciones, alcaldías, corporaciones autónomas regionales o de desarrollo sostenible.

- Políticas públicas relacionadas.

- Indicadores y variables socioeconómicas (NBI, PIB, Gini, densidad de población, tasas de crecimiento poblacional, ICV, línea de pobreza, acceso a servicios, educación, tipo y calidad de vivienda, estadísticas sobre tenencia de la tierra, conflicto armado), a nivel municipal, fuente de información: DANE, IGAC, Mininterior.

- Instrumentos de planificación. (POMCAS, POT, EOT). Fuente de información: alcaldías, gobernaciones y corporaciones autónomas.

Se sugiere incluir en el inventario información sobre:

- Clima.
- Geomorfología.
- Biodiversidad.
- Suelos.
- Amenazas naturales y siconaturales (desertificación, variabilidad y cambio climático, entre otros).
- Ecosistemas.
- Cobertura del suelo.
- Uso del suelo.
- Sistemas de producción.
- Prácticas de manejo (ancestrales, tradicionales, mecanización, otras).
- Tenencia de la tierra.
- Datos sobre degradación del suelo (si están disponibles).
- Datos socioeconómicos.
- Datos demográficos.
- Infraestructura.
- Mercados.
- Información sociológica y cultural.
- Bienes y servicios de los suelos.
- Políticas públicas con incidencia en el suelo.

• Políticas internacionales e intereses de mercados.

## 3.2. ETAPA PREPARACIÓN DE TRABAJOS DE CAMPO

### 3.2.1. DISEÑO Y ELABORACIÓN DE INSTRUMENTOS PARA LA TOMA DE INFORMACIÓN SOCIOECONÓMICA EN CAMPO

Con el ánimo de tener una información más precisa sobre la problemática, es necesario escuchar las voces de los habitantes de las áreas afectadas, para lo cual es importante la captura de información en el terreno. De tal forma se debe diseñar un formulario o guía de preguntas que orienten la entrevista (descrito en el **RECUADRO 2**, el cual debe ser debatido y discutido por el equipo de trabajo durante la etapa de planeación inicial, en términos de la información que puedan dar acerca de los patrones observados de manejo de los recursos naturales con énfasis en el suelo.

Para el diseño de la entrevista, debe enumerar un conjunto predeterminado de preguntas o temas que se van a tratar. La guía que se encuentra descrita en la etapa de trabajo de campo sirve como una lista de verificación durante la entrevista y asegura que se obtenga básicamente la misma información a partir de varios actores. Sin embargo, hay bastante flexibilidad, ya que el orden y el funcionamiento real de las preguntas no se determinan por anticipado y el entrevistador tiene la libertad de dar mayor profundidad a determinadas preguntas, según el actor o la situación a analizar.

Es común encontrar actores que desconocen el proceso de la erosión, las causas y consecuencias que pue-

~ La unidad biofísica de referencia predilecta corresponde a la cuenca (macrocuena, mesocuenca, microcuena) y al ecosistema (gran bioma, bioma, ecosistema) en la categoría adecuada según la escala de trabajo; sin embargo, las unidades de suelos y geomorfología son más comunes ya que son las de directa afectación. ~

temas productivos de ganadería o en sistemas agrícolas comerciales. De igual manera, una categoría de clase de erosión hídrica por cárcavas podrá ocurrir sobre un sistema de lomerío o un piedemonte, o en clima seco o húmedo. Estas relaciones serán más convenientes en la medida en que se tenga mayor información espacial de otras variables de importancia en el proceso de erosión, a la misma escala de análisis. De esta forma, se podrá expresar la magnitud de los procesos de degradación de suelos por erosión sobre estas entidades biofísicas y socioeconómicas.

bución espacial de la propiedad, división político-administrativa, áreas protegidas, proyectos de desarrollo, megaproyectos, vías, entre otras. Es necesario tener en cuenta la estructura ecológica principal y la zonificación ambiental que se pueden encontrar en los Planes de Ordenamiento Territorial POT, o en los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas, entre otros.

Esta información o parte de ella deberá ser integrada en el sistema de información geográfica del proyecto, realizando los ajustes necesarios de sis-

den tener afectaciones en la economía del país e incluso en la seguridad alimentaria de una comunidad y la supervivencia humana. Por lo tanto, una orientación preliminar de acuerdo con el nivel de conocimiento y actividad que desempeña el actor o actores a entrevistar es necesaria.

### 3.2.2. UNIDADES DE ANÁLISIS Y ACTORES RELEVANTES PARA EL TRABAJO DE CAMPO

Luego de tener definido el objeto de estudio, las unidades de análisis, la escala de trabajo y los lugares a visitar para recolectar información primaria, se debe realizar un mapeo de actores relevantes con quienes trabajar en la etapa de campo. Para esto es fundamental revisar la escala a trabajar y las unidades de referencia espacial, con el fin de determinar la viabilidad, pertinencia e importancia del desarrollo de las actividades con cada actor.

En la **tabla 2.9** se relacionan los principales actores con las unidades de análisis y unidades espaciales de referencia sin desconocer que a nivel local pueden incidir actores del orden regional y nacional en la gestión de los suelos.

### 3.2.3. DEFINICIÓN DE LUGARES A VISITAR, RECORRIDOS Y ACTORES RELEVANTES A ENTREVISTAR

Una vez se ha realizado la revisión bibliográfica, y en conjunto con el equipo del componente biofísico, se deben establecer las zonas, recorridos y cronogramas para la realización de las visitas de campo exploratorias que permitan recolectar la información socioeconómica, tomando como base las unidades de análisis y de referencia definidas en el componente biofísico.

Estos recorridos y visitas se deben realizar de manera conjunta con

el equipo de trabajo encargado del componente biofísico, con el fin de intercambiar información y conocimientos que permitan complementar la información socioeconómica con la información biofísica. De esta forma el contexto definido a través de la información secundaria empezará a tomar forma y contenido por medio de una visión previa integral sobre los procesos de erosión.

### 3.3. ETAPA TRABAJO DE CAMPO

En esta etapa se presenta una serie de actividades que tienen como propósito recoger y analizar información de carácter biofísico, social, cultural y económico con el fin de caracterizar la presión antrópica sobre los procesos de degradación de suelos por erosión.

Se esboza una serie de métodos y metodologías cuyo propósito es brindar las herramientas suficientes para una adecuada caracterización de los principales elementos sociales, culturales y económicos que se relacionan directa o indirectamente con el fenómeno de la degradación de suelos.

Dentro de las principales herramientas metodológicas que se utilizan, se encuentran:

- Recolección de información secundaria.
- Visitas de campo exploratorias.
- Entrevistas semiestructuradas (por actores).
- Talleres con la comunidad y aplicación de ejercicios.
- Matrices para el análisis y evaluación de la información.

Cada una de estas herramientas tiene un propósito definido y un momento preciso para ser utilizada. En su conjunto forman un proceso ordenado de pasos, cuyo fin es la evaluación y el análisis del componente humano, en

relación con el fenómeno objeto de estudio: erosión de los suelos.

Las herramientas son cuantitativas y cualitativas, de observación directa e indirecta. Para articular la información que cada una de ellas brinda, se ha definido una serie de metodologías que permiten ensamblar la información, fomentando así su natural complementariedad y brindando mejores posibilidades de abordaje, ya que la profundidad y sentido de cada uno de los elementos se clarifica al reunir datos cuantitativos e información cualitativa, lo cual se hace aún más integral cuando se relaciona y complementa con la información recogida en los talleres con los actores relevantes.

Las metodologías que se describen son transversales para los tres niveles establecidos: local, regional y nacional. El nivel local se basa en información directa con actores y autoridades de tipo municipal, así como corporaciones y organizaciones que tengan nivel de influencia en el manejo y gestión territorial ambiental. El nivel regional se estructura a partir de la revisión de información secundaria y primaria de fuentes, actores, organizaciones y autoridades de nivel departamental. Para el nivel nacional se necesita una evaluación de las políticas públicas relacionadas con el tema, la integración de las experiencias regionales y la comparación de cartografía con algunos indicadores de orden socioeconómico. En todos los casos se consideran adaptaciones en el enfoque y perspectiva del levantamiento de la información secundaria, así como modificaciones en los instrumentos a aplicar, siempre apuntando a reunir información sobre los recursos del suelo, sus características ecológicas, relacionándolas con las condiciones socioeconómicas, cambios en la cobertura de la tierra, usos del suelo y valoración cualitativa y cuantitativa de los bienes y servicios ecosistémicos del suelo.



Objeto de estudio	Unidad de análisis	Unidad espacial de referencia	Actores relevantes
Nacional		Macrocuencas, departamentos, regiones	Centros de investigación
			Universidades
			Ministerios
			Gremios
			Instituciones
Regional	Erosión vs. clima, geomorfología, suelos, cuencas hidrográficas, estadísticas económicas, población, áreas protegidas, minería, cultivos ilícitos, usos de la tierra, sistemas de producción,...	CAR, cuencas hidrográficas, departamentos	CAR
			Gobernaciones
			Gremios
			Resguardos
			Áreas protegidas
Local		Veredas, corregimientos, municipio, microcuencas	Umatas
			Secretarías de planeación
			Alcaldías
			Líderes comunitarios
			Juntas de acción comunal
			Gremios locales



**Tabla 2.9.** ~ Unidades de análisis y actores relevantes para el trabajo de campo.

### 3.3.1. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN PRIMARIA

Para esta actividad se utilizan técnicas como los talleres con la comunidad y las entrevistas semiestructuradas con enfoque cualitativo, que priorizan la percepción de los pobladores en las diferentes zonas piloto. La cualificación de los testimonios (en términos del conocimiento histórico y vivencial de las personas entrevistadas) valida el método empleado, ya que la evidencia de las transfor-

maciones es expresada a través de estas fuentes de información.

Es así como se les da valor y reconocimiento a las vivencias de los pobladores en las zonas degradadas o susceptibles de degradación. De acuerdo con el Manual Local de LADA (FAO, 2007), se recomienda que la información sea colectada con observaciones o preguntas relevantes al área de estudio. Es importante reconocer que muchas veces el área de influencia del componente social, económico y cultural puede llegar a ser más extensa que

la definida para elementos biofísicos debido a la complejidad de los fenómenos sociales, económicos y culturales.

Teniendo en cuenta que la colección de datos socioeconómicos podría ser demasiado abierta, este problema se contrarresta definiendo un objetivo claro al inicio del proceso de evaluación. Para esto es necesario formular las preguntas clave que permitan explicar el fenómeno que se quiere evaluar: para este caso ¿qué factores sociales, culturales y económicos tienen relación directa o indirecta con los

procesos de degradación de suelos por erosión, en la unidad de análisis determinada? Para la resolución de esta pregunta se proponen las metodologías descritas a continuación:

### 3.3.2. VISITAS EXPLORATORIAS DE CAMPO Y OBSERVACIÓN DIRECTA

Se deben realizar algunas visitas previas con el propósito de identificar las variables asociadas con cada uno de los factores que inciden en la degradación de suelos. Esto permite observar e identificar puntos estratégicos para el análisis de dinámicas socioculturales y económicas que participan de los procesos de degradación de suelos por erosión, referenciando modos de producción, tipos de cultivos, infraestructura, tecnología, cambios de uso de la tierra, proyectos de desarrollo nuevos y otros elementos importantes.

Luego de la visita de reconocimiento se deben establecer los cronogramas (incluye las convocatorias a personas, instituciones, sectores representativos) y logística para el desarrollo de los talleres con la comunidad (lugar de reunión, refrigerios, transporte, entre otros) y la aplicación de los instrumentos de captura y sistematización de la información socioeconómica (las entrevistas semiestructuradas, conversatorios, talleres, foros, entre otros).

### 3.3.3. TALLERES Y METODOLOGÍAS PARTICIPATIVAS CON COMUNIDADES, GREMIOS E INSTITUCIONES

Para recolectar información primaria se plantean actividades con los actores relevantes y con los siguientes propósitos:

- Dar a conocer a los habitantes de la zona: el equipo de trabajo, la misión, el objetivo y propósito del trabajo, el beneficio para la comunidad y el alcance. (Se recomienda evitar que se generen falsas expectativas al interior de la comunidad como, por ejemplo, que esas encuestas son para elevar los impuestos).

- Recoger información útil sobre el medio biofísico, social, económico, histórico y cultural, la cual sustentará la caracterización socioeconómica de la zona.

- Definir actores clave para la aplicación de entrevistas semiestructuradas (se describen en la **tabla 2.9**).

- Plantear actividades según las metodologías elegidas (mapeo de actores, cartografía social, trabajo de redes, taller, grupos focales, reuniones, charlas, exposiciones, presentaciones lúdicas, entre otros) para la recopilación de información primaria en campo.

- Organizar y clasificar la información recolectada en los talleres con la comunidad para el análisis y evaluación social, cultural y económica. Esta organización se debe realizar bajo unos criterios, relaciones y categorías pre-determinados. En tal sentido, la actividad, entendida en este caso como recuperación de saberes y conocimientos, deberá incluir una reflexión sobre las experiencias de la comunidad alrededor del tema objetivo del taller: la degradación de suelos por erosión.

Algunas de las metodologías útiles para levantar información en terreno son: cartografía social, grupos focales, entrevistas semiestructuradas, IAP (Investigación Acción Participativa), talleres de sensibilización sobre los problemas de la degradación del suelo por erosión, encuestas cualitativas y cuantitativas. Todos los métodos deben ser adaptados a las condiciones particulares de las unidades de análisis y de la escala, así como cumplir con los criterios de selección para apuntar al logro de la caracterización de la erosión y proporcionar datos sistematizables para la fase de evaluación con el modelo FPEIR.

Los talleres son una fuente importante de datos cualitativos; el objetivo es explorar los fenómenos indagados directamente con los habitantes de la zona de estudio. Esto involucra la identificación y la descripción de las interacciones y procesos humanos pertinentes en terreno. El trabajo observacional tiene ventajas ya que ofrece una mejor comprensión del contexto en el que se producen las actividades de los actores, permite conocer aspectos importantes que los participantes pudieran ignorar u omitir voluntaria o involuntariamente en una entrevista, y además permite que el observador – investigador presente una visión más integral, combinando sus propias percepciones y las de los demás.

Cabe resaltar la importancia de las reuniones y de hacer partícipes a los ac-

~ Para la recolección de la información primaria se utilizan técnicas como los talleres y conversatorios con la comunidad y las entrevistas semiestructuradas con enfoque cualitativo, que priorizan la percepción de los pobladores en las diferentes zonas piloto. ~



tores locales, regionales y/o nacionales (autoridades, instituciones, gremios, academia, comunidades, etnias, organizaciones, entre otros), con el fin de que el proyecto tenga un aval no solo institucional, sino también de la sociedad en su conjunto; esto hará más fácil el trabajo, abona el terreno para la discusión de la pertinencia de los estudios de monitoreo y seguimiento a los recursos naturales, y pone en el sitio de jerarquía que merece el suelo como elemento central del desarrollo del país y su equilibrio ambiental.

En esta actividad se diseñan y aplican las entrevistas semiestructuradas con informantes clave o grupos focales, cuya información, en conjunto con la derivada de los talleres con la comunidad, permite establecer relaciones y dinámicas que brindan conocimiento acerca de la variedad de usuarios de la tierra, sus regímenes de manejo individual y comunal, el uso y aprovechamientos que les dan a los elementos de la naturaleza, el territorio y su historia y la relación y percepción que se tiene desde los actores sobre el fenómeno de la degradación de suelos por erosión.

Para la aplicación del instrumento de entrevista semiestructurada deben identificarse previamente los actores clave (con base en la información secundaria y el taller de mapeo participativo), quienes serán determinantes para obtener información que permita identificar la evolución de los procesos de cambio de uso del suelo, dinámicas culturales, sociales, económicas e históricas en interacción con actividades económicas y extractivas y transformación del paisaje.

#### Consideraciones para las entrevistas regionales y nacionales

Las entrevistas regionales y nacionales deben estar dirigidas a la comprensión de las causas y consecuencias de la degradación de suelos por erosión

en el contexto internacional y nacional. **En estas escalas espaciales es donde se puede interpretar el proceso completo de la erosión, el cual es: arranque de materiales del suelo – transporte y sedimentación de esos materiales.** El arranque puede ocurrir en la parte alta de una cuenca a los 3000 metros sobre el nivel del mar, pero el transporte de los sedimentos por aguas de escorrentía y de riego lleva los materiales de suelo a las corrientes de agua. Llámense quebradas,

de las evaluaciones locales puedan ser extrapolados a nivel nacional. Para esto se debe fortalecer la recolección de datos socioeconómicos: por ejemplo, la pobreza, el uso y tenencia de la tierra, entre otros.

#### Consideraciones para las entrevistas locales

Las entrevistas con actores locales deben ser orientadas hacia áreas de atención o críticas (erosión severa a muy

~ Se sugiere que la caracterización de factores determinantes de la erosión sea realizada por profesionales en suelos que tengan conocimiento y experiencia sobre los procesos de degradación de suelos, específicamente de la erosión, que estén abiertos a la comprensión de las problemáticas socioculturales. También conviene integrar a expertos en temas sociales que a su vez comprendan las dinámicas ecosistémicas de los suelos. ~

arroyos o ríos, hasta el mar, y eso genera unos impactos adversos a las comunidades que habitan en las partes bajas de las cuencas en los 500 metros sobre el nivel del mar, por ejemplo, a la economía del país al afectar por colmatación los embalses energéticos, los acueductos veredales y urbanos, la estabilidad de los puertos, la navegabilidad y el transporte, la alteración de los corales, entre otros. Igualmente, estas entrevistas deben orientarse a calibrar los datos de manera que los hallazgos

severa), áreas estables (sin erosión) y situaciones intermedias (erosión ligera a moderada). Se debe procurar hacer una evaluación participativa de la tierra, una evaluación cualitativa de la degradación de suelos por erosión y una identificación del estado del recurso, caracterizando a los usuarios de la tierra, las causas e impactos de la erosión en los sistemas productivos, bienes y servicios del suelo, por ejemplo la incidencia de la erosión en las emisiones de CO<sub>2</sub>, la alteración del ciclo hidroló-

gico en la región, la capacidad de filtro de alterógenos de aguas freáticas o alimentos y no solamente en la fertilidad de los suelos y producción agrícola industrial. Al mismo tiempo, el diseño de las entrevistas o encuestas debe explorar las técnicas locales usadas para combatir la erosión del suelo.

El equipo de trabajo que haga la implementación de esta metodología a nivel local deberá tener en cuenta, para el estudio, áreas de atención, áreas prioritarias, áreas estables y áreas intermedias, que hayan sido identificadas en estudios de mayor escala (regional y nacional), con el fin de explorar las causas y consecuencias de estos procesos de degradación en un contexto regional.

Se deberán seguir los mismos pasos, procedimientos y esquemas de

trabajo de la implementación nacional y regional del protocolo de monitoreo y seguimiento a la degradación de suelos por erosión, con la adaptación de estrategias propias para cada contexto, recopilando información con la comunidad, relacionando percepciones de impacto de los diferentes grupos socioeconómicos.

En la fase de caracterización se describen los procesos de erosión en las unidades de análisis, a partir de la revisión de información primaria y secundaria de tipo biofísico, ecosistémico, social, económico y cultural. Esta fase se compone de etapas secuenciales, con el fin de lograr la caracterización biofísica y socioeconómica de las unidades de análisis y establecer los posibles agentes causantes del proceso de erosión y las consecuencias que

este ha tenido en los aspectos ambientales, sociales y económicos. Las etapas son: planeación, trabajos de campo y postcampo. Se sugiere que la caracterización de factores determinantes de la erosión sea realizada por profesionales en suelos, que tengan conocimiento y experiencia sobre los procesos de degradación de suelos, específicamente de la erosión, que estén abiertos a la comprensión de las problemáticas socioculturales y ambientales. También conviene integrar a expertos en temas sociales que a su vez comprendan las dinámicas ecosistémicas de los suelos y su evolución frente a eventos climáticos extremos y el cambio climático. En el **RECUADRO 2** se presentan modelos de entrevistas a gobernaciones, actores académicos, culturales y étnicos. ■

## RECUADRO 2. MODELOS DE ENTREVISTA

### RECUADRO 2.1. MODELO DE ENTREVISTA A GOBERNACIONES

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES – IDEAM; SUBDIRECCIÓN DE ECOSISTEMAS E INFORMACIÓN AMBIENTAL - MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE - MADS; DIRECCIÓN DE ECOSISTEMAS

ENTREVISTA SEMIESTRUCTURADA DE ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS Y CULTURALES RELACIONADOS CON LA DEGRADACIÓN DE SUELOS Y TIERRAS POR EROSIÓN - ACTORES INSTITUCIONALES

<b>INSTITUCIÓN Y/O RAZÓN SOCIAL:</b>		<b>SECTOR:</b>	
<b>Nombre y Apellidos de quien responde:</b>		<b>Cargo:</b>	
<b>Correo electrónico de contacto:</b>		<b>Teléfono contacto:</b>	
<b>Nombre y Apellidos de quien diligencia:</b>		<b>Entidad:</b>	

Categoría	Objetivo	Pregunta	Respuesta	Evaluación por pregunta de la información recolectada:
ECOLÓGICA/ ECOSISTÉMICA	Servicios Ecosistémicos	1. ¿Conoce algún municipio, cuenca o vereda en donde la biodiversidad o los ecosistemas estén siendo amenazados por el mal uso de los suelos? ¿Cuáles?		
		2. ¿Conoce algún inventario o mapa donde se muestre la ocurrencia de incendios? Mencione.		
		3. ¿Existe algún material educativo relacionado con el manejo y conservación de los suelos? ¿Cuál?		
	Protección del recurso	4. ¿Conoce en su departamento/jurisdicción si se promueve y se hace uso de tecnologías y prácticas de manejo sostenible de tierras y suelos?		
		5. ¿Existen distritos de conservación de suelos reglamentados en su jurisdicción? ¿Cuáles?		
ECONÓMICA	Sistemas de Producción	6. ¿Conoce algún estudio, informe o tiene información geográfica sobre los patrones históricos de manejo de uso del suelo?		
		7. ¿Cuál es el uso del suelo que se tiene proyectado de aquí a 10 años?		

ECONÓMICA	Sistemas de Producción	8. ¿Tiene registros y/o estudios sobre la disminución de la productividad agrícola o de desarrollo natural de la vegetación en algún municipio y sus causas?			
		9. ¿Tiene alguna información sobre los costos de obras o programas utilizados en la protección de los suelos?			
		10. De los proyectos mineros en el área de la jurisdicción, ¿cuáles son los que más incremento y apoyo han tenido?			
	Conservación y desarrollo	11. ¿Tiene información sobre los conflictos de uso que ha tenido el suelo en los municipios?			
	Uso y aprovechamiento de los suelos	12. ¿Cómo han afectado el estado del suelo las diversas actividades económicas definidas en los POT en su departamento/jurisdicción?			
		13. ¿Qué condiciones del suelo facilitan o limitan las actuales actividades productivas propuestas en los POT en su jurisdicción/departamento?			
		14. ¿Cuáles son las causas de los procesos de degradación de suelos y tierras por erosión en su jurisdicción?			
		15. ¿Cuáles son las consecuencias de los procesos de degradación de suelos y tierras por erosión en su jurisdicción?			
	POLÍTICO INSTITUCIONAL	Política y gestión pública	16. ¿Qué acciones específicas de conservación realiza la Gobernación en relación con los suelos?		
			17. ¿Qué tanta influencia tiene el concepto técnico de la Corporación Autónoma Regional en las políticas de conservación de los suelos establecidas en el POT?		
18. ¿Qué planes, programas o proyectos de respuesta a los problemas de degradación del suelo por erosión son desarrollados en su departamento/jurisdicción?					
Inversión pública		19. ¿Qué porcentaje de inversión pública se da para la regulación y buen manejo del suelo?			
Producción y Conservación		20. ¿Considera usted que penalizar en términos económicos a los propietarios de terrenos con procesos erosivos mejoraría el cuidado a estos frente a los servicios ambientales y productivos que tienen los suelos?			

POLÍTICO INSTITUCIONAL	Producción y Conservación	21. ¿Con qué capacidad institucional se cuenta para brindar apoyo al seguimiento y monitoreo de los suelos en su departamento/jurisdicción?		
SOCIAL	Condiciones sociales	22. ¿Hay conciencia ambiental en los productores con respecto al manejo sostenible de los suelos?		
		23. ¿El conflicto armado en Colombia ha condicionado el uso actual del suelo?		
		24. ¿Cómo es la calidad de los suelos en las áreas asignadas al programa de restitución de tierras?		
		25. ¿Considera que el TLC y la globalización influyen en los procesos de erosión?		
POBLACIÓN	Crecimiento de la población	26. ¿Hay cifras o alguna información sobre la tendencia de colonización de áreas naturales para fines productivos?		
	Densidad poblacional, NBI	27. ¿La pobreza y la cantidad de personas en la región potencian o limitan el desarrollo de alguna actividad económica? ¿Por qué?		
CULTURA	Educación	28. ¿Qué estrategias de capacitación, sensibilización o información usaría con los distintos gremios sobre la importancia ecológica y productiva de los suelos en su municipio?		
	Historia e imaginarios culturales	29. ¿Qué elementos culturales e históricos (favorables y limitantes) se encuentran arraigados en el uso del suelo de la región para el desarrollo de las actividades económicas?		
		Perfil del entrevistado, rasgos generales de su percepción sobre el ambiente y la degradación de suelos, valoración sobre modos de producción, análisis cultural	Evocaciones - Esta columna se diligencia solamente por el evaluador de la entrevista, quien a partir de la revisión de la respuesta ubica palabras claves que relacionan la posición del entrevistado acerca del tema indagado.	Relacionamiento causal e integrador de las preguntas con el objetivo de presentar un balance local con perspectiva sociocultural y económica sobre la degradación de suelos y tierras.

RECUADRO 2.2. MODELO DE ENTREVISTA A ACTORES ACADÉMICOS

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES – IDEAM; SUBDIRECCIÓN DE ECOSISTEMAS  
E INFORMACIÓN AMBIENTAL - MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE - MADS; DIRECCIÓN DE ECOSISTEMAS

ENTREVISTA SEMIESTRUCTURADA DE ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS Y CULTURALES RELACIONADOS CON  
LA DEGRADACIÓN DE SUELOS Y TIERRAS POR EROSIÓN - ACTORES ACADÉMICOS

<b>INSTITUCIÓN Y/O RAZÓN SOCIAL:</b>		<b>SECTOR: INSTITUCIONAL</b>	
<b>Nombre y Apellidos de quien responde:</b>		<b>Cargo:</b>	
<b>Correo electrónico de contacto:</b>		<b>Teléfono contacto:</b>	
<b>Nombre y Apellidos de quien diligencia:</b>		<b>Entidad:</b>	

Categoría	Objetivo	Pregunta	Respuesta	Evaluación por pregunta de la información recolectada:
ECOLÓGICA/ ECOSISTÉMICA	Servicios Ecosistémicos	1. Mencione algún municipio, cuenca o vereda en donde la biodiversidad esté siendo amenazada por el mal uso de los suelos.		
		2. ¿Tiene alguna investigación sobre los servicios ecosistémicos de los suelos?		
		3. ¿Tiene alguna investigación sobre los cambios de las características del suelo en algún área?		
		4. ¿Existe algún programa académico relacionado con el manejo y conservación de los suelos?		
	Protección del recurso	5. ¿Cuáles son las principales tecnologías y prácticas de manejo de tierras y suelos estudiadas en la universidad de acuerdo al departamento/jurisdicción?		
		6. ¿Existen distritos de conservación de suelos en su jurisdicción?		
ECONÓMICA	Sistemas de Producción	7. ¿Conoce algún estudio o tiene información geográfica sobre los patrones históricos de manejo de uso del suelo?		

ECONÓMICA	Sistemas de Producción	8. ¿Tiene registros o estudios sobre la disminución de la productividad agrícola o desarrollo natural de la vegetación en algún municipio?		
	Uso y aprovechamiento de los suelos	9. ¿Existen investigaciones de cómo afecta el estado del suelo las diversas actividades económicas que se desarrollan en su departamento/jurisdicción?		
		10. De 1 a 10, califique el interés de las personas por acceder a carreras con enfoques a la minería o hidrocarburos en el departamento.		
		11. ¿Cuáles son las causas de los procesos de degradación de suelos y tierras por erosión en su departamento?		
		12. ¿Cuáles son las consecuencias de los procesos de degradación de suelos y tierras por erosión en su departamento?		
POLÍTICO INSTITUCIONAL	Política y gestión pública	13. ¿Qué acciones específicas de conservación realiza la universidad en relación con los suelos?		
		14. ¿Qué tanta influencia tienen las investigaciones de la universidad en la Corporación Autónoma Regional y la Gobernación con relación a la conservación de los suelos dentro del POT?		
		15. ¿Qué investigaciones y proyectos se han planteado o están en ejecución en respuesta a los problemas de degradación del suelo por erosión en su departamento/jurisdicción?		
	Inversión pública	16. ¿Qué porcentaje de inversión y créditos se dedica en la universidad para estudiar la erosión de los suelos?		
		17. ¿Con qué capacidad científica cuenta la universidad para apoyar el seguimiento y monitoreo de los suelos en su departamento/jurisdicción?		
SOCIAL	Condiciones sociales	18. ¿Hay conciencia ambiental en los programas educativos que se dictan en relación con los suelos? Califique de 1 a 10 el nivel de conciencia.		

<b>POBLACIÓN</b>	<b>Crecimiento de la población</b>	19. Del 100% de personas que entran a la universidad, ¿qué porcentaje se interesa por carreras relacionadas con cuidado del medio ambiente o suelos?		
<b>CULTURA</b>	<b>Educación</b>	20. ¿Qué estrategias de capacitación, sensibilización o información usaría con los distintos gremios sobre la importancia ecológica y productiva de los suelos en su municipio?		
	<b>Historia e imaginarios culturales</b>	21. ¿Qué elementos culturales e históricos (favorables y limitantes) se encuentran arraigados en el uso del suelo de la región para el desarrollo de las actividades económicas?		
Perfil del entrevistado, rasgos generales de su percepción sobre el ambiente y la degradación de suelos, valoración sobre modos de producción, análisis cultural		Evocaciones - Esta columna se diligencia solamente por el evaluador de la entrevista, quien a partir de la revisión de la respuesta ubica palabras claves que relacionan la posición del entrevistado acerca del tema indagado.	Relacionamiento causal e integrador de las preguntas con el objetivo de presentar un balance local con perspectiva sociocultural y económica sobre la degradación de suelos y tierras.	

### RECUADRO 2.3. MODELO DE ENTREVISTA A ACTORES CULTURALES Y ÉTNICOS

PROYECTO PLAN DE SEGUIMIENTO Y MONITOREO DE LOS PROCESOS DE DEGRADACIÓN DE SUELOS Y TIERRAS DE COLOMBIA EN EL MARCO DE LA GESTIÓN AMBIENTAL NACIONAL Y EL CAMBIO CLIMÁTICO  
 CONVENIO INTERADMINISTRATIVO DE ASOCIACIÓN No. 05 (MAVDT), 4101 (IGAC) Y 002 (IDEAM) DE 2010

Modelo de entrevista a grupos étnicos, nivel: local, regional

<b>GRUPOS ÉTNICOS</b> Aquellos grupos étnicos definidos en la Constitución de 1991, amparados por la ley (indígenas, negros, raizales, rom) que se encuentren habitando legalmente con titulaciones colectivas reconocidas por la ley.	No.
Nombre del entrevistado:	Fecha:
Ocupación:	
Organización / Entidad (Resguardo, titulación colectiva, área protegida):	
Lugar en que se realiza la entrevista:	

#### GUÍA DE PREGUNTAS

1. ¿Desde cuándo su tribu, comunidad, grupo, etc., habita en esta zona?	
2. ¿Cómo debe ser la relación del hombre con la naturaleza?	
3. ¿Qué tipos de prácticas agrícolas, ganaderas, mineras o de producción se realizan dentro de la titulación?	
4. ¿Ha observado impactos o efectos negativos de estas prácticas sobre la naturaleza, especialmente el suelo?	
5. ¿Qué tipo de acciones desarrollan para mitigar, disminuir estos efectos?	
6. ¿Han cambiado en los últimos años algunas de las actividades productivas en su comunidad?	
7. ¿Qué proponen para el manejo de los problemas del suelo?	

### 3.4. ETAPA POSTCAMPO

Esta etapa consiste en hacer una selección de las variables a tener en cuenta según la escala de trabajo, el enfoque (local, regional o nacional), y las unidades de análisis con las cuales se va a trabajar. De esta manera se presentan las principales consideraciones a la hora de elegir las variables socioeconómicas y ecológicas, los criterios de selección de los indicadores y una batería de indicadores para tener en cuenta en la implementación del protocolo de monitoreo y seguimiento a la degradación de suelos por erosión en Colombia.

#### 3.4.1. ORGANIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN PRIMARIA Y SECUNDARIA

Los elementos a tener en cuenta para caracterizar de manera global los aspectos de la degradación de suelos por erosión son condicionados a los contextos particulares del país (a partir de los postulados LADA), desde el enfoque FPEIR con énfasis en la evaluación de bienes y servicios de la tierra y su afectación por la degradación (FAO, 2003).

La propuesta de este enfoque global que hace la FAO implica la evaluación de los sistemas de la tierra a partir de indicadores que combinan características biofísicas y agroecológicas (clima, suelo, geomorfología, biodiversidad, ecosistemas, entre otros) con tipos socioeconómicos y de uso de la tierra (demografía, cobertura, estadísticas sociales, sistemas de producción, medios de vida); información que se debe cruzar con unidades de análisis espacial locales, regionales y nacionales (cuencas hidrográficas, divisiones políticas). Es fundamental partir de un inventario preliminar de información sobre tierras, suelos y degradación, para conocer qué datos existen, en qué escala y para qué nivel de datos biofísicos y socioeconómicos, ya que la disponibilidad de información juega un rol determinante en la selección de indicadores (FAO, 2003).

La figura 2.34 sugiere variables a revisar y tener en cuenta para los estudios de degradación de suelos por erosión, desde la perspectiva de implementación en las escalas local, regional y nacional, así como la revisión de disponibilidad de información de estas variables en cada nivel. Todas las propuestas incluidas en este

protocolo metodológico se pueden adaptar a los contextos particulares de cada lugar, y se pueden hacer modificaciones e incluir nuevas variables a tener en cuenta

La figura 2.35 hace una relación por unidades de análisis espacial y escala de trabajo, con los actores relevantes en cada nivel, los métodos y herramientas sugeridos para hacer la interpretación cartográfica, así como el levantamiento de información primaria de tipo biofísico y socioeconómico.

Para determinar las causas directas de la degradación del suelo por erosión, es necesario hacer investigaciones de tipo local, enfocadas a los sistemas de medios de vida y sistemas de producción, utilizando algunas de las herramientas sugeridas con adaptaciones a cada contexto particular local. Las causas indirectas o fuerzas que generan los problemas por degradación del suelo están más allá del control de las comunidades locales; por lo tanto, deberán ser evaluadas a nivel regional, nacional

o global. Estos estudios a estas escalas requieren de indicadores específicos que procuren por una descripción de los fenómenos de la erosión y sus impactos en los bienes y servicios del suelo (FAO, 2003) (ver figura 2.36).

El modelo FPEIR es un esquema para mostrar las interrelaciones en la degradación de los suelos por erosión, con separación entre factores causales directos (presiones) y causas indirectas (fuerzas motrices) e identificar los impactos y las respuestas (institucionales,

comunitarias) a estos problemas planteados. Comprender la articulación entre estos indicadores es fundamental para entender los factores causales y las consecuencias de la degradación de suelos por erosión. Este modelo de análisis debe ser posible de aplicar a diferentes unidades de análisis y escalas de trabajo (local, regional y nacional) y, tal como lo plantea LADA, hay que tener en cuenta que algunos aspectos son más importantes a cierto nivel, como por ejemplo los sistemas de producción y medios de

### CUADRO DE RELACIÓN DE UNIDADES DE ANÁLISIS Y VARIABLES



Figura 2.34. ~ Cuadro de relación de unidades de análisis y variables.

~ Para determinar las causas directas de la degradación del suelo por erosión, es necesario hacer investigaciones de tipo local, enfocadas a los sistemas de medios de vida y sistemas de producción, utilizando algunas de las herramientas sugeridas con adaptaciones a cada contexto particular local. ~



~ La información producto de la caracterización se organiza para su análisis y evaluación mediante el modelo FPEIR, el cual permite hacer un análisis de la erosión de los suelos de manera integral relacionando su manifestación con los factores ambientales. ~

vida en la escala local, o el impacto de políticas o fenómenos nacionales al uso de la tierra en las escalas regional y nacional (FAO, 2003).

La información producto de la caracterización se organiza para hacer su análisis y evaluación mediante el modelo FPEIR, el cual permite un análisis de la erosión de los suelos de manera integral relacionando la manifestación de la erosión por tipo, clase y grado, con las actividades humanas y el medio natural. Se facilita identificar los actores y factores que la causan, mediante indicadores de fuerzas motrices y presiones. Igualmente, permite identificar y evaluar los impactos o consecuencias que la erosión genera en los componentes biofísicos y socioeconómicos a partir de los indicadores de impacto, en donde se detectan, entre otros, los actores afectados. Finalmente, permite hacer un seguimiento a las soluciones a la problemática a partir de los indicadores de respuesta (ver figura 2.36).

La construcción de los indicadores de estado de la erosión es un proceso de identificación, clasificación de los procesos y zonificación de los tipos, clases y grados de la erosión. Los indicadores de estado responden a la pregunta ¿Cómo es la degradación del suelo por erosión entre el periodo 2010 y 2011?

Las presiones son aquellas fuerzas directas relacionadas con las actividades humanas que ponen en riesgo el re-

curso suelo, por ejemplo, el excesivo uso de un terreno para cultivos puede generar agotamiento de los nutrientes en el suelo o la erosión. Las presiones entonces son productos que deliberada o involuntariamente generan las actividades humanas, y que modifican las características y cualidades del suelo. Los indicadores de presión responden a las preguntas ¿Por qué? ¿Qué causa la erosión?

#### Ejemplos de indicadores de presión

- Deforestación.
- Remoción de cobertura vegetal del suelo.
- Cultivos limpios.
- Excesivo laboreo, especialmente en zonas de ladera.
- Inversión del suelo en el sentido de la pendiente.
- Efectos naturales.
- Efectos meteorológicos (fenómenos de El Niño y La Niña, cambio climático).
- Efecto Fohen o sombra de lluvias (orográfico).
- Canales de riego o drenaje mal diseñados o sin estabilización de taludes; vías sin las obras de arte adecuadas o sin mantenimiento.
- Problemas de orden económico, político y cultural.

Las **fuerzas motrices** se perciben como fuerzas indirectas socioeconómicas y

socioculturales fundamentales en la sociedad, que conducen (impulsan) a las actividades humanas que incrementan o mitigan presiones en el recurso suelo, en este caso la erosión. Se interpretan como los factores socioeconómicos y naturales que influyen sobre los actores y conllevan a presiones sobre los suelos para generar erosión. Los indicadores de fuerzas motrices responden a la pregunta ¿Qué motiva a las personas a actuar de cierta manera que genera erosión de los suelos?

#### Ejemplos de fuerzas motrices que generan degradación de los suelos

- La colonización.
- Las debilidades de la normatividad en el uso y manejo de los suelos del país.
- Expansión urbana sobre áreas para agricultura o de conservación.
- Impactos adversos de la minería.
- Tenencia de la tierra, distribución de la tierra.
- Las vías mal planificadas y diseñadas o sin mantenimientos adecuados.
- Carencia de educación ambiental en el uso, manejo y conservación de los suelos.
- Persistentes modelos de violencia en el sector rural.
- Fallas de mercado y de política que no consideran los valores ambientales.
- Pensar en adecuar los suelos a la agricultura y no la agricultura a los suelos.
- La falta de incentivos tributarios ambientales.
- Debilidad del sistema judicial y administrativo y de procesos de monitoreo y seguimiento.
- El desconocimiento de la capacidad de acogida de nuestros ecosistemas.
- Falta de una zonificación ambiental de las tierras del país y de una actualización de los estatutos de uso del suelo.

Los indicadores de **impacto** se entienden como los efectos de la de-

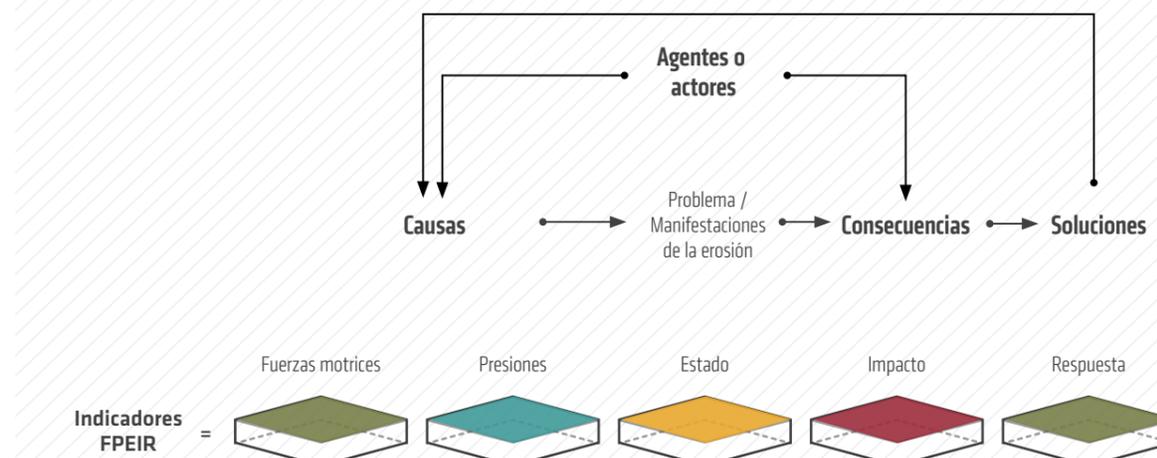


Figura 2.36. ~ Relación indicadores FPEIR.

gradación y pérdida del suelo, en este caso por erosión, es decir, el impacto que genera la transformación en el estado de erosión. De manera directa se puede decir que el primer impacto se presenta en cambios de las funciones y servicios que brinda el suelo, pero de manera indirecta los impactos están relacionados nuevamente con las actividades humanas. Si las funciones del suelo se alteran, las actividades humanas que dependen del suelo también serán alteradas: la productividad de los cultivos, la calidad de vida de los habitantes, sus prácticas sociales y culturales; se generan patrones de desplazamiento. Los indicadores de impacto responden a la pregunta ¿Qué impactos genera la erosión sobre los componentes: social, cultural, económico y ecológico?

#### Ejemplos de indicadores primarios de impacto

- Pérdida de un recurso no renovable.
- Disminución de la profundidad efectiva del suelo.

- Disminución de la fertilidad del suelo.
- Sedimentación en ríos y lagos y embalses. Transporte de agroquímicos a fuentes de agua. Peligro de derrumbes y daños en áreas habitadas.

#### Ejemplos de indicadores secundarios de impacto bióticos

- Pérdida de hábitats para fauna y flora.
- Pérdida de la función del bosque como regulador del clima y de la oferta de agua en el suelo.
- Pérdida de captadores de CO<sub>2</sub> y biodiversidad.

#### Ejemplos de indicadores secundarios de impacto económicos

- Costos por reducción de vida útil de los embalses de proyectos eléctricos y agropecuarios.
- Costos en tratamiento de la eutrofización y contaminación por alterógenos.
- Costos en recuperación de suelos o por pérdida de patrimonio natural.

Las **respuestas** son las acciones que emprende la sociedad frente a la situación del recurso suelo. En este orden de ideas, las respuestas no solamente están enfocadas hacia los impactos, sino también hacia los demás componentes del modelo. Puede haber respuestas relacionadas con las actividades humanas, como por ejemplo prácticas que sean más amigables con el recurso suelo, que responden a las actividades fundamentales del ser humano pero que reducen las presiones que se generan, como por ejemplo una práctica apropiada de preparación de suelos para la siembra. Asimismo, desde el ámbito institucional se generan respuestas a través de regulación y normatividad que brinde lineamientos frente al uso y manejo adecuado del recurso suelo. Es importante entonces resaltar que en el marco del modelo, si se reducen las presiones, se reducen los impactos, es decir que una estrategia puede ser contar con herramientas preventivas, más que curativas; sin embargo, también se van a presentar respues-

tas hacia los impactos, es decir, acciones para restablecer o mitigar los impactos que ya han sido generados por la degradación y pérdida del suelo. Responden a la pregunta ¿Qué se está haciendo frente a la problemática de la erosión?

### Ejemplos de indicadores de respuestas

- Hectáreas reforestadas.
- Obras de restauración, rehabilitación de suelos erosionados.
- Normas sobre uso y manejo de suelos.
- Campañas sobre conservación de suelos.

Con el fin de facilitar el análisis y evaluación, los indicadores FPEIR se identifican por componentes como se aprecia en la **tabla 2.10**.

### 3.4.2. CRITERIOS DE SELECCIÓN DE VARIABLES E INDICADORES

La selección de variables e indicadores para la caracterización de los aspectos de la degradación por erosión del suelo parte, como se ha mencionado, de la comprensión de la relación entre las causas y los impactos en la calidad de los bienes y servicios del suelo como recurso. En esta revisión de información se deben priori-

zar indicadores según el cumplimiento de objetivos, y se descartarán algunos o varios según la disponibilidad de información, además de su relevancia, viabilidad estadística y sus criterios formales (Quiroga & Cepal, 2009).

Los criterios de relevancia consisten en que los indicadores sean pertinentes para el problema de la erosión de los suelos, y que tengan una relación con el cumplimiento de los objetivos para el monitoreo y seguimiento a la degradación de los suelos. La viabilidad estadística es un criterio de selección fundamental, ya que parte de la disponibilidad de información estadística para hacer las evaluaciones a diferentes escalas (resolución de sensores remotos, datos socioeconómicos, información biofísica, entre otros). Otros criterios importantes son la calidad de la información para el cálculo del indicador; certeza de los fenómenos a evaluar; simplicidad, ya que los mejores indicadores son los que presentan la información de manera directa y simple; precisión y calidad; responsabilidad en lo que se quiere mostrar. Todo indicador ambiental debe tener unos criterios formales expresados en su hoja metodológica y en sus salidas gráficas (figuras, gráficos y mapas) (Quiroga & Cepal, 2009).

LADA propone las siguientes preguntas guía, las cuales se deben res-

Indicadores FPEIR/ Componentes	Fuerzas motrices	Presiones	Estado Tipo clase Grado de erosión	Impacto	Respuesta
Ecosistémicos					
Económicos					
Sociales					
Amenazas sacionaturales					
Cultural					
Político institucional					

ponder en la fase de evaluación; sin embargo, son el primer marco para la selección y priorización de variables e indicadores de la erosión (FAO, 2003):

- ¿Cuáles son las características (biofísicas, socioeconómicas, etc.) y la ubicación de las tierras sujetas a la degradación de suelos por erosión?
- ¿Cuál es la naturaleza, severidad y extensión de la degradación por erosión que afecta a cada unidad de análisis?
- ¿Cuáles son las causas y los impactos (directos e indirectos, biofísicos, económicos, sociales, ambientales, etc.) de la degradación de suelos por erosión?
- ¿La degradación por erosión es reversible o irreversible? ¿Cuál es la rapidez con que se desarrolla? ¿Cuáles son los riesgos involucrados? ¿Cuáles son los riesgos más importantes (áreas de atención)?
- ¿Dónde es posible encontrar en la zona áreas de atención o en otro lugar



**Tabla 2.10.** ~ Organización de la información por indicadores FPEIR y componente.

ejemplos de métodos probados, prácticas de manejo y técnicas de protección y rehabilitación de la tierra, que sean aplicables a los problemas de la degradación de la tierra por erosión encontrados? ¿Cuáles son recomendados y cuáles son sus implicaciones para la toma de decisiones futuras?

### 3.4.3. IDENTIFICACIÓN Y PRIORIZACIÓN DE INDICADORES DE LA DEGRADACIÓN DE SUELOS POR EROSIÓN POR COMPONENTE

#### Variables e indicadores biofísicos, socioeconómicos y ambientales con incidencia en la degradación de suelos por erosión

Los indicadores ambientales propuestos proporcionan datos estadísticos

que miden la condición, cambio de estado o calidad del suelo degradado por erosión. Estos proporcionan información para describir el estado del suelo como recurso y su condición, así como su relación de causa-efecto en los cambios de calidad y las respuestas suscitadas por parte de la comunidad, la sociedad y las instituciones. Con el fin de que los indicadores puedan conducir a un monitoreo, seguimiento y evaluación de los factores asociados a la erosión, se ha planteado una batería de indicadores desde la fase de identificación, en la cual se hace una propuesta de indicadores a tener en cuenta; luego se presenta la preselección y selección de indicadores definitivos para la elaboración de la línea base de degradación de suelos por erosión IDEAM – MADS 2014. Sin embargo, estos no son herramientas y métodos agotados, sino que sirven como mar-

co para establecer las variables e indicadores de las escalas local y regional, procurando cubrir la mayor gama de indicadores según información disponible, y a su vez lograr extrapolar las variables seleccionadas para las escalas nacional y regional a los contextos locales en la medida de lo posible.

La preselección de indicadores es orientada a partir de la selección inicial de variables, así como de la revisión de información disponible, en procura de la detección e identificación de la degradación de suelos por erosión y el análisis-diagnóstico de las relaciones de causa-efecto y evaluación de magnitud y severidad, con el fin de identificar orígenes, tendencias y ofrecer a los diferentes actores un insumo útil, para la efectiva toma de decisiones a partir de los resultados obtenidos en la evaluación.

A continuación se presentan dos tablas: la primera (**ver tabla 2.11**) propone

~ **Los criterios de relevancia consisten en que los indicadores sean pertinentes para el problema de la erosión de los suelos, y que tengan una relación con el cumplimiento de los objetivos para el monitoreo y seguimiento a la degradación de los suelos.** ~

algunos aspectos preseleccionados por componente, y la segunda (ver tabla 2.12), los indicadores seleccionados a partir de aquellos aspectos preseleccionados para la elaboración de la línea base de degradación de suelos por erosión a nivel nacional. Estos son propuestos también para escalas locales y regionales, siempre y cuando se tenga la información; sin embargo, se debe profundizar más en la información de acuerdo al nivel de detalle del área de estudio, la oferta y la calidad de la información.

### 3.4.4. CARACTERIZACIÓN BIOFÍSICA DE LA ZONA

La caracterización biofísica consiste en la descripción de la zona de acuerdo con cada uno de los componentes biofísicos (variables seleccionadas - clima, geología, geomorfología, suelos, biomas, ecosistemas, cobertura terrestre, uso de la tierra y cuencas, entre otras). Esta descripción estará relacionada con los factores y procesos de erosión que se presentan en la zona, de tal manera que se vinculen y expliquen el estado actual de degradación.

En cuanto a los factores biofísicos seleccionados que se unen con la degradación de suelos por erosión, se exponen a manera de ejemplo algunas herramientas y salidas gráficas para la caracterización de las unidades de análisis en relación con el clima (ver tabla 2.13 y figura 2.37).

En la tabla 2.14 y en las figuras 2.38 y 2.39 se presenta un análisis de la presión del clima respecto a la degradación de los suelos por erosión a partir de una clasificación de sensibilidad respecto al tipo de clima presentado en las unidades espaciales. A nivel local debería profundizarse el estudio de la presión del clima sobre los suelos para generar procesos erosivos, por ejemplo a partir del análisis de frecuencia de la precipitación y de la intensidad de las lluvias. Incluso es necesario relacionar los efectos de la variabilidad climática y sus manifestaciones con los fenómenos El Niño y La Niña sobre las causas y tendencias de la erosión de los suelos. Para el caso del uso del suelo, deberán analizarse los sistemas productivos y no solamente los usos del suelo, como se hace a nivel regional.

En la figura 2.40 se muestra la representación estadística y gráfica del indicador de estado de la degradación de suelos por erosión de suelos en la unidad de análisis Área Hidrográfica Magdalena - Cauca.

### 3.4.5. CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA Y CULTURAL DE FACTORES ASOCIADOS A LA EROSIÓN

El objetivo de la caracterización es analizar la información recolectada en las etapas de oficina y campo con el fin de proveer una descripción de la zona que permita la integración y análisis de los resultados a nivel regional. De acuerdo con la metodología LADA (FAO, 2007), la caracterización de la zona de estudio "proporciona información sobre el contexto geográfico local, social e histórico de lo que está sucediendo con la degradación de suelos o con el control de la degradación de tierras (...) además que facilita la identificación de los sitios para las evaluaciones detalladas".

La caracterización permite identificar los factores económicos, socio-culturales, institucionales y políticos asociados a la degradación de suelos por erosión, a través de la descripción de las principales limitantes o restricciones, potencialidades, conflictos y tendencias identificadas en los ámbitos regional y local.

Se debe contar con una pregunta orientadora para el ejercicio de caracterización, que permita enfocar el análisis y posterior evaluación de los procesos de degradación. Un ejemplo de pregunta orientadora es: ¿Cuáles son los factores sociales, culturales, económicos, políticos e institucionales que intervienen en los procesos de degradación de los suelos (por erosión) en la zona de estudio? ¿En qué sentido se presentan y cómo se expresan desde la perspectiva de los pobladores?

~ A nivel local debería profundizarse el estudio de la presión del clima sobre los suelos para generar procesos erosivos, por ejemplo a partir del análisis de frecuencia de la precipitación y de la intensidad de las lluvias. Incluso es necesario relacionar los efectos de la variabilidad climática y sus manifestaciones con los fenómenos El Niño y La Niña sobre las causas y tendencias de la erosión de los suelos. ~



Aspectos de presión y fuerza motriz				
Ecológico	Económico	Social	Amenazas	Político
Agresividad climática	Usos del suelo históricos	Crecimiento poblacional	Cambio climático (escenarios IDEAM)	Conflictos de uso del suelo en áreas erosionadas
Sensibilidad de los suelos	Usos por minería	Densidad de población	Variabilidad climática	
Sensibilidad de ambientes geomorfológicos		Gini	Sensibilidad a incendios	
Sensibilidad por desprotección de la cobertura vegetal		Deforestación	Sensibilidad a REM	
Sensibilidad de la erosión				
Susceptibilidad a incendios				
Susceptibilidad a los movimientos de remoción de masa				
Aspectos de impacto				
Ecológico	Económico	Social	Amenazas	Cultural
Pérdida de calidad en los suelos	Afectación por erosión de los suelos con vocación agropecuaria o forestal	NBI	Susceptibilidad a inundación	Vulnerabilidad de las etnias por erosión de los suelos
Afectación de áreas protegidas	Impactos en embalses			
Afectación de áreas a proteger o prioritarias para la conservación	Impactos en corrientes de agua por sedimentación			
	Costos de la erosión			

**Tabla 2.11.** ~ Aspectos preseleccionados FPEIR.

Indicadores de presión				
Ecológico	Económico	Social	Amenazas	Político
Zonas climáticas en suelos erosionados	Usos del suelo en áreas erosionadas	Deforestación en suelos erosionados	Áreas susceptibles a incendios forestales en suelos erosionados	Conflictos de uso del suelo en áreas erosionadas
	Distritos de riego en suelos erosionados			
Indicadores de impacto				
Ecológico	Económico	Social	Amenazas	Cultural
Pérdida de la calidad de los suelos por erosión	Afectación en áreas con vocación de uso agrícola, ganadero y forestal	Suelos erosionados y NBI	Suelos erosionados en áreas susceptibles a inundación	Alteración de la vulnerabilidad de las etnias por erosión de los suelos
Afectación de las áreas prioritarias para la conservación por erosión en los suelos	Erosión de los suelos en cuencas abastecedoras de embalses	Suelos erosionados y densidad de población		

**Tabla 2.12.** ~ Indicadores seleccionados FPEIR.

Clasificación Climática 2007 Caldas Lang					
Caldas Lang	Departamento	Área Total Departamento	Área ha	% Departamento	% País
Cálido árido	Cundinamarca	2.398.439,39	16.350,83	0,7	0,0
Cálido húmedo	Cundinamarca	2.398.439,39	130.925,20	5,5	0,1
Cálido semiárido	Cundinamarca	2.398.439,39	188.391,57	7,9	0,2
Cálido semihúmedo	Cundinamarca	2.398.439,39	173.849,34	7,2	0,2
Cálido superhúmedo	Cundinamarca	2.398.439,39	9.690,63	0,4	0,0
Extremadamente frío húmedo	Cundinamarca	2.398.439,39	4.433,51	0,2	0,0
Extremadamente frío superhúmedo	Cundinamarca	2.398.439,39	45.783,11	1,9	0,0
Frío árido	Cundinamarca	2.398.439,39	7.584,74	0,3	0,0
Frío húmedo	Cundinamarca	2.398.439,39	145.959,23	6,1	0,1
Frío semiárido	Cundinamarca	2.398.439,39	157.290,16	6,6	0,1
Frío semihúmedo	Cundinamarca	2.398.439,39	339.242,57	14,1	0,3
Frío superhúmedo	Cundinamarca	2.398.439,39	82.891,69	3,5	0,1
Muy frío húmedo	Cundinamarca	2.398.439,39	206.903,38	8,6	0,2
Muy frío semiárido	Cundinamarca	2.398.439,39	5.969,22	0,2	0,0
Muy frío semihúmedo	Cundinamarca	2.398.439,39	192.840,77	8,0	0,2
Muy frío superhúmedo	Cundinamarca	2.398.439,39	170.316,57	7,1	0,1
Templado húmedo	Cundinamarca	2.398.439,39	200.845,42	8,4	0,2
Templado semiárido	Cundinamarca	2.398.439,39	67.028,93	2,8	0,1
Templado semihúmedo	Cundinamarca	2.398.439,39	211.830,04	8,8	0,2
Templado superhúmedo	Cundinamarca	2.398.439,39	40.312,52	1,7	0,0



Tabla 2.13. ~ Clasificación Climática Caldas Lang - departamento de Cundinamarca.



~CLASIFICACIÓN DE CALDAS LANG (CUNDINAMARCA)~

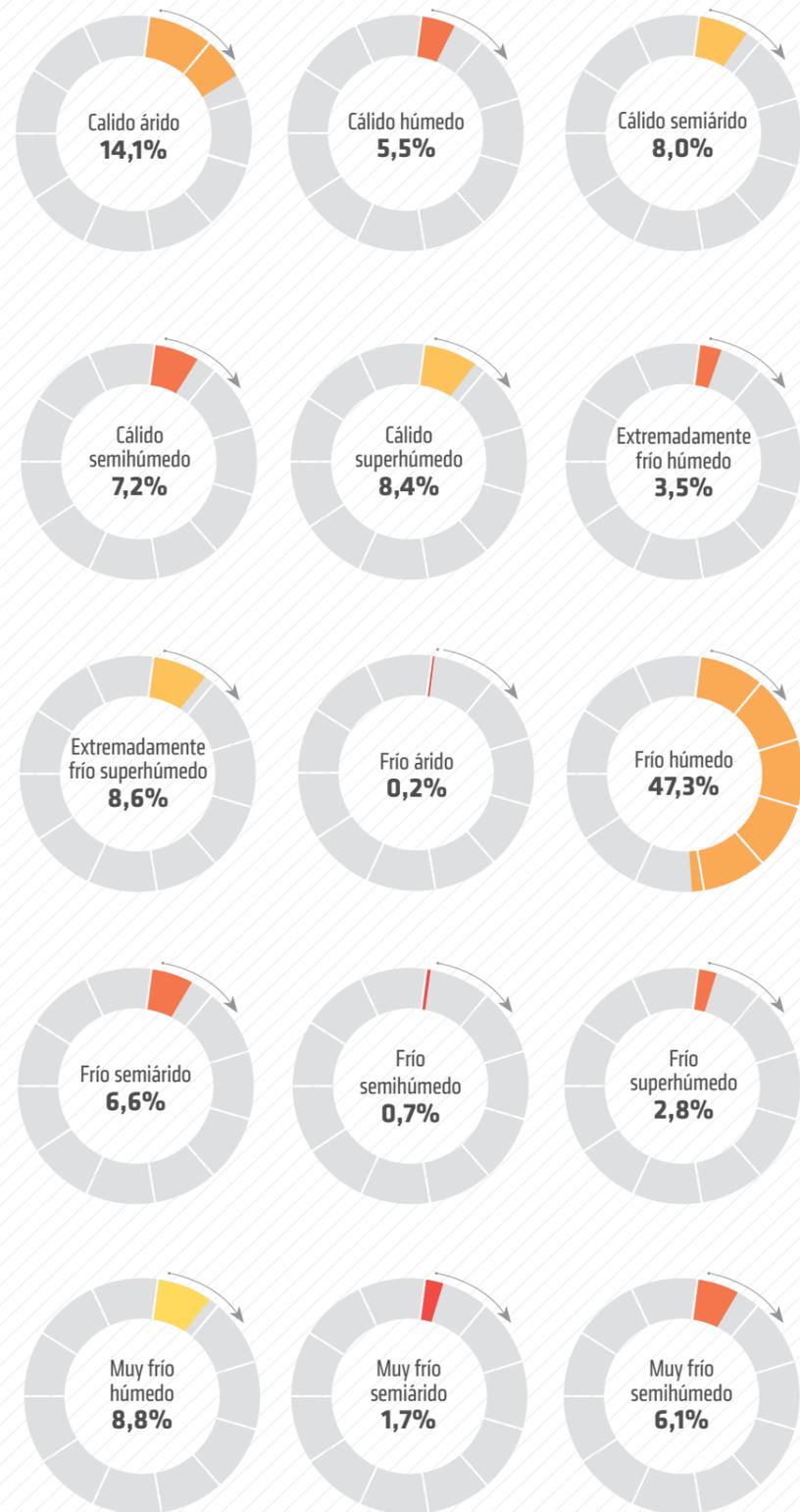


Figura 2.37. ~ Clasificación Caldas Lang - departamento de Cundinamarca.

Sensibilidad	Agresividad del clima	Área ha	Departamento	Departamento ha	% Departamento	% País
1	Muy baja	449.960,78	Cundinamarca	2.398.439,39	18,8	0,4
2	Baja	1.227.009,08		2.398.439,39	51,2	1,1
3	Moderada	309.218,61		2.398.439,39	12,9	0,3
4	Alta	395.900,09		2.398.439,39	16,5	0,3
5	Muy alta	16.350,83		2.398.439,39	0,7	0,0



Tabla 2.14. ~ Agresividad del clima sobre los suelos - departamento de Cundinamarca.

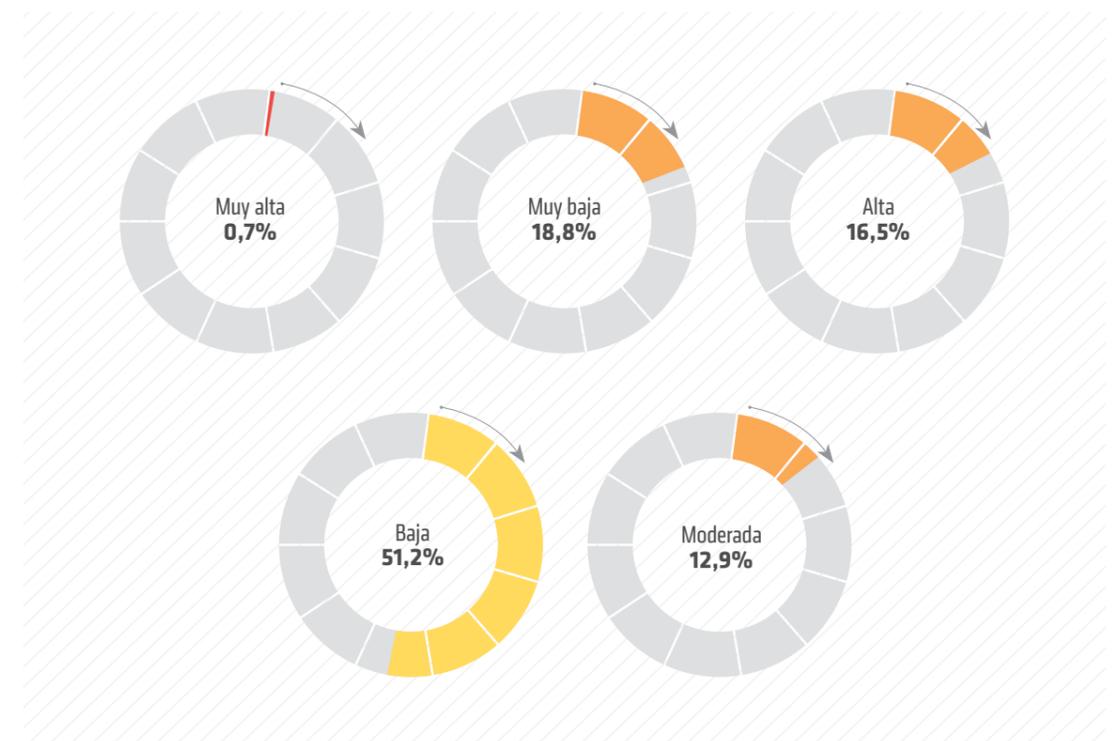
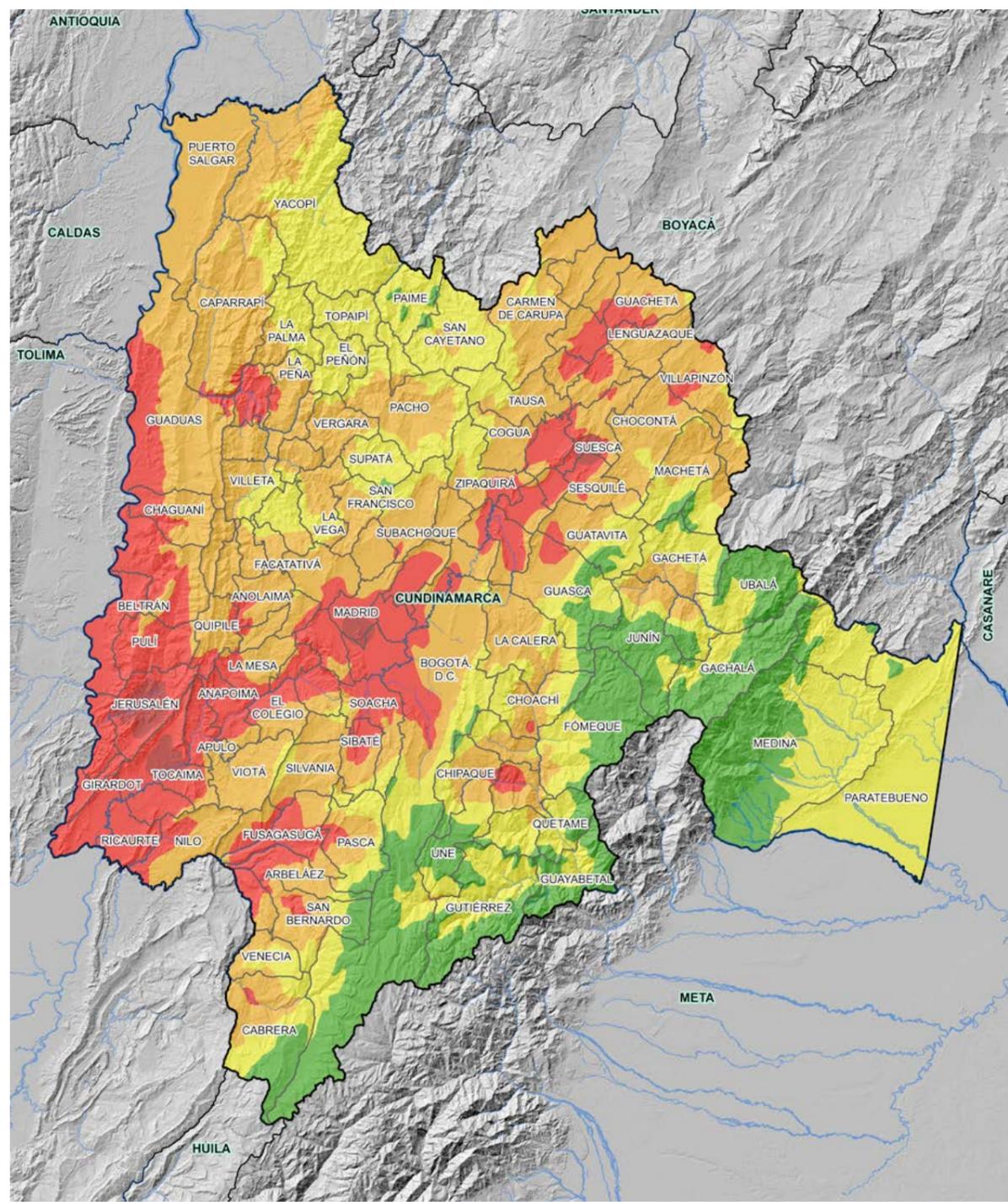


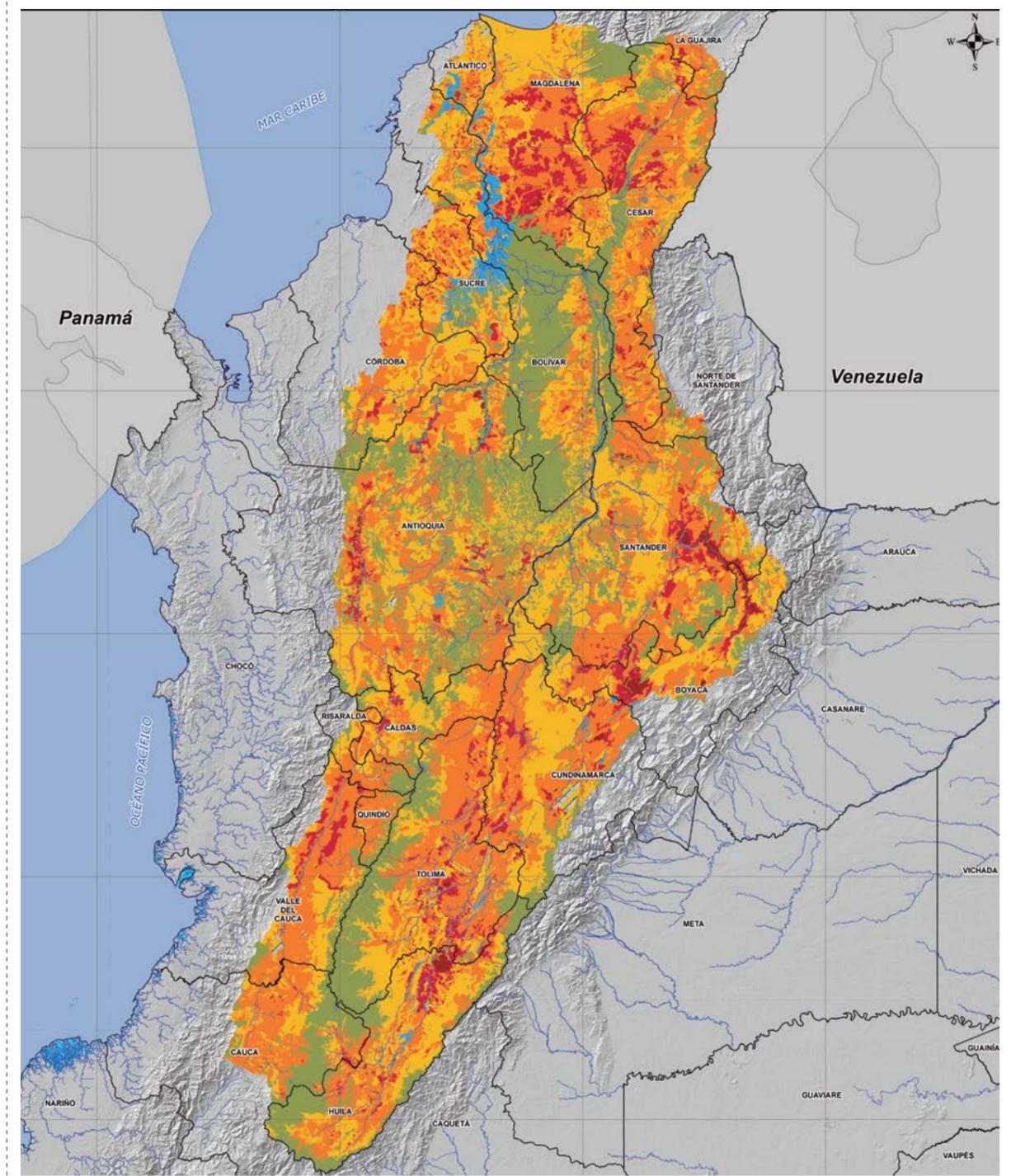
Figura 2.38. ~ Presión del clima como generador de erosión del suelo - departamento de Cundinamarca.



Presión del clima



Figura 2.39. ~ Presión del clima como generador de erosión del suelo en Cundinamarca.



Grado de erosión



Figura 2.40. ~ Zonificación de la degradación del suelo por erosión - Área Hidrográfica Magdalena - Cauca.

Por tanto, se debe hacer énfasis en conocer los principales cambios reconocidos a partir de la información obtenida a través de los distintos instrumentos de recolección de información (revisión bibliográfica, entrevistas semiestructuradas, observación directa en campo, talleres participativos, etc.) y la triangulación de los conceptos teóricos con la lectura que hacen los pobladores de las transformaciones de su medio y de la calidad de los recursos naturales.

Una vez se realicen las actividades de recolección de información base para la caracterización, se inicia el proceso de análisis y comprensión de la misma. Para esto se utilizan herramientas que permiten consolidar la información teniendo como referente factores económicos, sociales, culturales, institucionales y políticos. La síntesis de esta información debe permitir identificar los principales elementos que expresan cambios y transformaciones en los suelos, señalando problemas, potencialidades, conflictos y tendencias de acuerdo con la información de campo. En el análisis de resultados se deben identificar puntos de encuentro entre la información de campo y la síntesis de diagnóstico, lo que da como resultado la caracterización de la zona.

La caracterización socioeconómica permite comprender de manera integral la problemática de la degradación de los suelos en el contexto del desarrollo nacional, regional y local. Para lograr esta lectura sistémica, es necesario analizar la dinámica del territorio, en su complejidad. En este sentido, se propone realizar un análisis territorial local para la zona de estudio, a partir del análisis integral del territorio, respondiendo al siguiente interrogante: ¿Qué aspectos de las dinámicas sociales, económicas, institucionales, políticas y culturales de la zona de estudio inciden en la degradación de suelos por erosión?

Característica	Índice	Puesto entre los 33 departamentos
Fundación	25 de julio de 1824	
Superficie	24.188 km <sup>2</sup>	20
Población (2012)	1.223.875 habitantes	14
Densidad	50,6 hab/km <sup>2</sup>	
PIB (nominal)	US\$ 8,706 millones	21
PIB per cápita	US\$ 7.193	
IDH	0,785(2011) Medio	21



**Tabla 2.15.** ~ Ficha de caracterización territorial de información socioeconómica, ejemplo departamento del Magdalena.

### 3.4.5.1. Ficha caracterización territorial

Descripción de contexto de las unidades de análisis (departamentos, CAR y cuencas hidrográficas), desde las principales características de la dinámica territorial asociada a la degradación de suelos por erosión, comprendidas desde la metodología FPEIR (ver tabla 2.15).

La ficha de ejemplo de caracterización territorial del Magdalena expone la posición del departamento a nivel nacional en términos económicos, demográficos, de área y fecha de fundación. Esta información es útil para la clasificación comparativa nacional de factores socioeconómicos que inciden en la presión del suelo como recurso. ■

# 4. FASE DE ANÁLISIS Y EVALUACIÓN

## 4.1. ETAPA ANALÍTICA

En la etapa de análisis se confrontan los resultados del estado de la degradación de suelos por erosión con los indicadores priorizados uno a uno, y se generan reportes estadísticos y gráficas de distribución espacial; allí se analiza qué tan determinantes son los indicadores de estado de la degradación por erosión, según comportamientos y relaciones evidenciadas durante el análisis por medio de una valoración semicuantificada. Los indicadores para el análisis también son elegidos de acuerdo con la disponibilidad, calidad y manejo de la información.

La organización de la información y la forma de presentar el análisis para la fase de caracterización deben responder a la suma de todos los criterios mencionados. Es en este punto que toma relevancia la rigurosa selección de variables e indicadores a partir de la información disponible, dado que es en esta etapa donde comienza la caracterización cartográfica y estadística. En la medida en que se tengan

las capas cartográficas (*shapes*) de las variables biofísicas y socioeconómicas, es posible comenzar a producir información gráfica por unidades de análisis (mapas de clima, suelos, geomorfología, sensibilidad a la erosión, socioeconómicos, uso del suelo, coberturas de la tierra, entre otros). Cada capa cartográfica, al ser cruzada o superpuesta con las unidades de análisis de referencia espacial (cuencas hidrográficas, departamentos, CAR, municipios, otros), permitirá generar datos estadísticos que serán muy útiles para la etapa siguiente de evaluación.

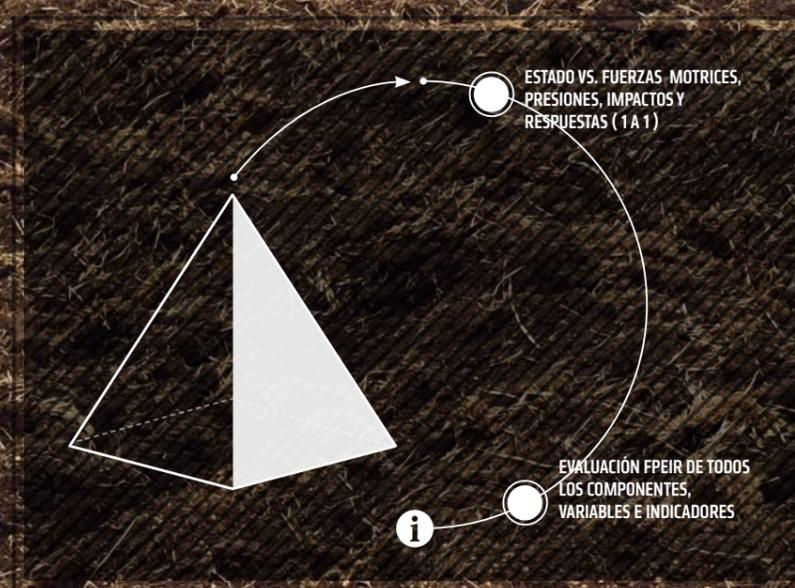
La organización y presentación de la información se hará de acuerdo con la escala de trabajo elegida y con las unidades de análisis seleccionadas. Por ejemplo, para la "Línea base de degradación de suelos por erosión" elaborada por IDEAM - MADS - U.D.C.A en 2014, se tuvieron en cuenta, para las escalas regional y nacional, las áreas hidrográficas nacionales, los departamentos y las Corporaciones Autónomas Regionales, para cruzar la información de es-

tas unidades con clima, geomorfología, suelos, sensibilidad a la erosión y datos socioeconómicos, según directrices de la primera versión del protocolo para la identificación y evaluación de la degradación de suelos por erosión.

A continuación se presentan unas consideraciones generales para la elaboración del análisis y evaluación de las unidades espaciales de análisis por sus respectivos componentes biofísicos y socioeconómicos y su relación con los procesos de degradación de suelos por erosión.

### 4.1.1. ANÁLISIS ESPACIALES POR MEDIO DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO SIG

Los tiempos de ejecución y recursos destinados son dos factores que, junto a la disponibilidad de información por escalas, condicionan el logro de los objetivos de implementación del protocolo para realizar el monitoreo y seguimiento a la degradación de suelos por erosión.



Para la fase de análisis y evaluación, es prioritario disponer de los resultados de la zonificación y la caracterización, es decir, el mapa de zonificación de degradación de suelos por erosión de referencia para el monitoreo a las diferentes escalas: regional y local. La importancia radica en que todas las variables seleccionadas en la fase de identificación en la caracterización son analizadas de forma espacial (cruzadas o sobrepuestas) con la zonificación de degradación del suelo por erosión para la evaluación de los indicadores seleccionados. Los cruces de información geográfica son procesos de análisis espacial que utilizan sistemas de información geográfica, SIG. La información generada a partir de los análisis espaciales se presenta mediante métodos estadísticos que permiten mostrar las tendencias, similitudes y diferencias entre variables que se relacionan como causantes o consecuencias de la erosión. Tanto los SIG como los métodos estadísticos son necesarios para la interpretación de la relación entre los procesos de degradación del suelo por erosión y los indicadores por componentes de análisis, en el marco de la metodología de indicadores FPEIR.

Todos los cruces de variables se hacen uniendo la información espacial por medio de herramientas de Sistemas de Información Geográfica; por lo tanto, se debe contar con la información requerida, en las escalas y resoluciones definidas para el trabajo. La información resultante de los cruces en el software SIG se debe analizar a partir de sus reportes gráficos y tablas de datos, que se expresarán en estadísticas, figuras, gráficos y mapas.

En todas las coberturas o capas de información geográfica se debe garantizar la consistencia lógica de los datos, de manera estructural por medio de topologías, y de manera temática por

medio de revisión y supervisión por el personal responsable. También se debe generar un metadato estándar para la información geográfica, de manera que los usuarios futuros en próximos monitoreos puedan enterarse de las condiciones técnicas, temporales y de proceso de dicha información geográfica. Todo lo anterior es importante para integrar los datos generados al sistema de monitoreo y

seguimiento a la degradación de suelos por erosión, que lidera el IDEAM.

#### 4.1.2. IDENTIFICACIÓN Y SELECCIÓN DE BATERÍA DE INDICADORES PRIORIZADOS DE LA DEGRADACIÓN DE SUELOS POR EROSIÓN

Para la fase de caracterización se deben identificar las principales variables que

determinan el estado de este proceso. En la fase de análisis y evaluación se usan los datos de estas variables para la construcción de indicadores con que se explican las causas y consecuencias de la degradación por erosión en cada una de las unidades de análisis.

En la **tabla 2.16** se presenta la matriz de relación de causas y consecuencias directas e indirectas de la erosión que puede servir de guía

para la selección de las variables inicialmente identificadas.

Luego de elaborar la tabla de causas y consecuencias para los indicadores de fuerzas motrices y presiones se construye una matriz en donde se relacionan el componente, el factor, los parámetros, el criterio de análisis y la disponibilidad de la información biofísica y socioeconómica<sup>2</sup>. Posteriormente se presentan las matrices

para el análisis de los indicadores de impacto y de resultados.

Estas tablas contribuyen a seleccionar los indicadores de acuerdo con la disponibilidad y manejo de la información. Se debe considerar en ellos el enfoque ecosistémico, los servicios ecosistémicos, la adaptación al cambio y variabilidad climática, el manejo del riesgo y los impactos primarios y secundarios de la erosión.

Proceso de degradación de los suelos	Causas indirectas	Causas directas	Efectos directos	Efectos secundarios
Erosión	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Colonización.</li> <li>• Revolución verde.</li> <li>• Las debilidades de la normatividad en el uso y manejo de los suelos del país.</li> <li>• Expansión urbana en zonas para agricultura y conservación.</li> <li>• Impactos adversos de la minería.</li> <li>• Tenencia de la tierra, distribución de la tierra.</li> <li>• Las vías mal planificadas, diseñadas y sin mantenimientos apropiados.</li> <li>• Carencia de educación ambiental sobre el uso, manejo y conservación de los suelos del país.</li> <li>• Persistentes modelos de violencia en el sector rural.</li> <li>• Fallas de mercado y políticas que no consideran los valores ambientales.</li> <li>• Pensar en adecuar los suelos a la agricultura y no la agricultura a los suelos.</li> <li>• La falta de incentivos tributarios ambientales.</li> <li>• Debilidad del sistema judicial y administrativo y de monitoreo y seguimiento.</li> <li>• El desconocimiento de la capacidad de acogida de nuestros ecosistemas.</li> <li>• Falta de una zonificación ambiental de las tierras del país y de una actualización de los estatutos de uso del suelo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deforestación.</li> <li>• Remoción de cobertura vegetal del suelo.</li> <li>• Cultivos limpios.</li> <li>• Excesivo laboreo, especialmente en zonas de ladera.</li> <li>• Inversión del suelo en el sentido de la pendiente.</li> <li>• Efectos naturales.</li> <li>• Meteorológicos (fenómenos El Niño y La Niña, cambio climático).</li> <li>• Efecto Fohen o sombra de lluvias (orográfico).</li> <li>• Canales de riego o drenaje mal diseñados o sin estabilización de taludes; vías sin las obras de arte adecuadas o sin mantenimiento.</li> <li>• Problemas de orden económico, político y cultural.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pérdida de un recurso no renovable.</li> <li>• Disminución de la profundidad efectiva del suelo.</li> <li>• Alteración o pérdida de la materia orgánica.</li> <li>• Disminución de la fertilidad del suelo.</li> <li>• Sedimentación en ríos, lagos y embalses. Transporte de agroquímicos a fuentes de agua. Peligro de derrumbes y daños en áreas habitadas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biótico.</li> <li>• Pérdida de hábitats para fauna y flora.</li> <li>• Pérdida de la función del bosque como regulador del clima y de la oferta de agua en el suelo.</li> <li>• Pérdida de captadores de CO<sub>2</sub> y biodiversidad.</li> <li>• Económicos.</li> <li>• Costos por reducción de vida útil de los embalses de proyectos eléctricos y agropecuarios.</li> <li>• Costos en tratamiento de la eutroficación y contaminación por alterógenos.</li> <li>• Costos en recuperación de suelos o por pérdida de patrimonio natural.</li> <li>• Costos de nuevos suministros para hacer productivos los suelos.</li> <li>• Costos institucionales para restauración de suelos y controles.</li> <li>• Sociales.</li> <li>• Aumento de la inseguridad alimentaria e hídrica.</li> <li>• Mayor pobreza.</li> <li>• Mas desplazamientos.</li> <li>• Mayor desigualdad.</li> </ul>



**Tabla 2.16.** ~ Causas y efectos de la erosión. Fuente: Adaptado de Gómez (2011).

Igualmente, los indicadores facilitan la elaboración de los instrumentos de captura de información primaria (talleres y entrevistas a diferentes actores), con el objetivo de corroborar e interpretar la información secundaria sobre los diferentes indicadores FPEIR.

Es importante anotar que no todos los indicadores identificados y priorizados cumplen los parámetros y características intrínsecas que tiene un indicador; sin embargo, de acuerdo con la parametrización, disponibilidad de la información y el seguimiento en el tiempo, estos tienen el potencial de convertirse en un indicador de monitoreo y seguimiento a la degradación de suelos por erosión.

#### 4.1.3. ANÁLISIS DE LOS INDICADORES DE FUERZAS MOTRICES Y PRESIONES BIOFÍSICAS Y SOCIOECONÓMICAS (CAUSAS) DE LA EROSIÓN

Las causas directas e indirectas de la erosión pueden ser múltiples. Dentro de los factores que causan presión sobre la tierra se encuentra el uso inadecuado o intensivo del suelo asociado a prácticas inadecuadas de manejo, la urbanización y el impacto de infraestructuras, la agricultura en pendiente,

el sobrepastoreo, la ganadería extensiva, la minería, las quemadas, entre otras.

La identificación de las causas indirectas de la erosión es más compleja con relación con la unidad específica de análisis; sin embargo, se debe comprender que las fuerzas motrices son “las causas de las causas” (FAO, 2003). Un ejemplo que se puede citar es la relación del precio en el mercado mundial del oro como causa indirecta, o el auge de la minería y su presión por el territorio en el país; en otro aspecto, el narcotráfico representa una causa indirecta de la presencia de cultivos ilícitos y la presión que estos ejercen sobre el recurso; otro ejemplo es la tradición terrateniente y la cultura asociada con el poder como fuerzas motrices de la tenencia de la tierra y de la ganadería extensiva como factores de presión y transformación de coberturas del suelo.

En la **tabla 2.17** se presenta una batería de indicadores relevantes de acuerdo con los requerimientos de información para la fase de caracterización y para la selección final de indicadores en la fase de análisis y evaluación. Se tiene en cuenta: componente, factor, criterio y fuentes de información potenciales.

Además, en la **tabla 2.18** se muestran factores de presión que hacen alusión a los detonantes, promotores, generadores, facilitadores de la erosión desde el ámbito socioeconómico.

#### Indicadores de impactos (consecuencias) de la erosión

La disminución de la productividad, la pérdida de las funciones ecológicas del suelo, la colmatación de embalses, entre otros fenómenos, son aspectos que deben comprenderse no estáticos en el tiempo, sino que se mueven con las dinámicas y pulsos de la historia. Por lo tanto, es pertinente no perder esto nunca de vista para identificar tendencias pasadas (p.ej. impactos de la revolución verde) y proyecciones futuras de acuerdo con el

ritmo de las cosas del presente y con posibles escenarios. Acá cobra de nuevo valor la evaluación de bienes y servicios de las tierras y los suelos, expresados en utilidad, función y productividad (FAO, 2003) (**ver tabla 2.19**).

#### Indicadores de respuesta

Estos indicadores se obtienen de dos vías principales: la exploración de información secundaria y el levantamiento de información primaria, donde se buscan principalmente los mecanismos de respuesta directa e indirecta a los problemas generados por la degradación de suelos por erosión.

En la **tabla 2.20**, se proponen componentes y factores para explorar las respuestas comunitarias, institucionales, académicas y de otros actores a los problemas generados por la degradación del suelo por erosión, y dos columnas para reunir mayor información acerca de la operación de los programas.

#### 4.1.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE LA RELACIÓN ENTRE EROSIÓN Y LOS INDICADORES FPEIR

El criterio de la espacialización es una norma, condición o juicio que orienta sobre el comportamiento del indicador y su relación con la erosión; en ese sentido proporciona una idea de cómo un indicador es una causa (FP) o una consecuencia (I) y de cómo la respuesta (R) es pertinente a la solución del problema de la degradación de suelos por erosión.

El resultado de análisis nace del cruce o superposición espacial, por medio de herramientas SIG, de la zonificación de la degradación de suelos por erosión y la variable espacial con la cual se construye el indicador; este se representa por medio de gráficas de barras generadas desde una hoja de cálculo.



Factores de presión que hacen alusión a los detonadores, promotores, generadores, facilitadores de la erosión desde el ámbito socioeconómico.

Componente	Factor	Indicador	Criterio	Disponibilidad de información
Ecosistémicos	Clima	% de área y hectáreas en agresividad climática en erosión	A mayor sensibilidad del suelo a la erosión por agresividad climática, mayor grado de erosión	Mapa de clima del IDEAM Caldas - Lang
	Suelos modelo biofisico	% del área total con sensibilidad a la erosión, en zonas erosionadas	A mayor sensibilidad de los suelos a la erosión, mayor presencia de zonas erosionadas	Modelo biofisico de sensibilidad de los suelos a la degradación de suelos por erosión
				Sensibilidad de los suelos a la erosión = Agresividad del Clima (AC) + Sensibilidad Geomorfológica (SG) + Sensibilidad de los suelos (SS) + Desprotección de las Coberturas Vegetales (DCV)
				Sensibilidad a la erosión de los suelos= AC (30%) + SG (20%) + SS (20%) + DCV (30%)
	Coberturas vegetales protectoras	% del área total susceptible a la erosión por desprotección de la cobertura vegetal, en zonas erosionadas	En coberturas poco protectoras de las lluvias, viento y radiación solar, mayor susceptibilidad a la erosión	Corine Land Cover
				1:100.000
2007-2009				



Tabla 2.17. ~ Factores de presión del componente biofisico.

**Componente:** Categoría general que agrupa las condiciones a evaluar para el análisis de la erosión.

**Factor:** Elemento que pertenece a un componente de análisis.

**Parámetro:** Medida que involucra una variable, su función y sus rangos de diferenciación. La variable es de naturaleza medible y permite configurar un criterio para analizar la degradación, causas y consecuencias. Indicadores.

**Criterio:** Norma, condición o juicio que orienta la toma de decisión.

**Disponibilidad de información:** Facilita la selección del indicador, el seguimiento a su acceso, estrategias de manejo y aprovechamiento de la información (escalas espaciales y temporales).

Componente	Factor	Indicador	Criterio	Disponibilidad información
Económicos	Usos del suelo	Usos históricos del suelo	A mayor antigüedad del proceso de colonización, mayor presión sobre el suelo y mayor susceptibilidad a la erosión	Cambios usos del suelo Encuesta regional Información Histórica IGAC, DANE, INDERENA, Etter
		Usos actuales del suelo	A mayor presión del suelo según actividad productiva, mayor susceptibilidad a la erosión	Usos del suelo Corine UPRA Encuesta regional
Sociales	Población	Crecimiento poblacional	A mayor crecimiento poblacional, mayor susceptibilidad a la erosión	Información DANE
		Deforestación	A mayor deforestación, mayor susceptibilidad a la erosión	Información IGAC, SINCHI, IDEAM
	Distribución de la riqueza/propiedad	Índice de Gini propietarios sin repetición	A mayor índice Gini, mayor susceptibilidad a la erosión	IGAC, DANE
Amenazas Siconaturales		Incendios forestales	A mayor ocurrencia y frecuencia de incendios forestales, mayor susceptibilidad a la erosión	IDEAM susceptibilidad incendios 1:500.000 Encuesta regional Clopad
		Susceptibilidad a movimientos en masa (eventos, susceptibilidad en ecosistémicos)	A mayor susceptibilidad a movimientos en masa, mayor susceptibilidad a la erosión	IDEAM
Político institucional		Conflictos de uso del suelo	A mayor sobreutilización, mayor susceptibilidad a la erosión	IGAC, 2013 1:100.000

Componente	Factor	Indicador	Criterio	Disp. información
Ecosistémico	Áreas protegidas	Alteración a la biodiversidad y servicios ecosistémicos de las áreas protegidas	A mayor área afectada por clase y grado de erosión, mayor impacto adverso	Parques Nacionales IGAC, 2013 Agua para embalses, riego, acueductos, caudal ecológico, biodiversidad
			A mayor área afectada por clase y grado de erosión en distritos de conservación de suelos, mayor impacto	
		Alteración a la biodiversidad y servicios ecosistémicos de las áreas prioritarias para la conservación y a la estructura ecológica principal- EEP	A mayor área afectada por clase y grado de erosión en páramo, humedales, zonas de ronda, recarga de acuíferos, mayor impacto adverso	Parques Nacionales IGAC, 2013 Agua para embalses, riego, acueductos, caudal ecológico, biodiversidad
	Suelos	Pérdida de la calidad de los suelos clase II, III, IV, V, VI, VII, y VIII	A mayor área afectada por clase y grado de erosión en mayor pérdida de la calidad de los suelos clase II, III, IV, V, VI, VII y VIII	IGAC
Económico	Afectación de áreas con suelos de vocación productiva	Alteración a las aptitudes de los suelos del país para producción agrícola	A mayor área afectada por clase y grado de erosión en clases II, III y IV, mayores impactos adversos sobre industrias alimenticias y sectores energéticos 5, 6 y 7 sobre seguridad alimentaria	IGAC, 2013 Encuesta regional Procedencia de alimentos canasta familiar Cultivos energéticos productos exportación Federaciones y/o asociaciones de productores
	Afectación de áreas con suelos de vocación productiva	Alteración a las aptitudes de los suelos del país	A mayor área afectada por clase y grado de erosión en suelos para agricultura, silvicultura, forestal y pecuarios, mayor impacto adverso	IGAC, 2013 Encuesta regional Procedencia de alimentos - canasta familiar Cultivos energéticos Productos exportación



Tabla 2.18. ~ Factores de presión del componente socioeconómico y cultural.

Componente	Factor	Indicador	Criterio	Disp. información
Económico	Red hídrica e infraestructura	Degradación de cuencas abastecedoras de agua de ciudades capitales y medianas	A mayor área afectada por clase y grado de erosión en cuencas abastecedoras, mayor impacto adverso	ISAGEN EMGESA EPSA
		Degradación de cuencas abastecedoras de agua de embalses para energía	A mayor área afectada por clase y grado de erosión en cuencas abastecedoras, mayor impacto adverso	ISAGEN, EMGESA EPSA, EPM
		Degradación de cuencas abastecedoras de agua de embalses para riego	A mayor área afectada por clase y grado de erosión en cuencas abastecedoras, mayor impacto adverso	ISAGEN, EMGESA, EPSA
Social	NBI		A mayor área afectada por clase y grado de erosión, mayor NBI	
Cultural		Afectación a territorios indígenas – negritudes – territorios campesinos	A mayor área afectada por clases y grado de erosión en territorios indígenas, mayor impacto adverso	
Amenazas naturales y sionaturales. Si son eventos, se localizarían como amenazas en el componente social; si es susceptibilidad, en el componente biológico		Aumento de la susceptibilidad de los suelos a la erosión por impactos adversos del fenómeno El Niño	A mayor área afectada por clases y grado de erosión en zonas susceptibles a incendios forestales y sequías, mayor impacto adverso	



Tabla 2.19. ~ Indicadores de impacto propuestos.

Componente	Factor	Indicador	Criterio	Disp. información
Ecosistémico	Educación/ Sensibilización	Número de cursos, campañas, foros, seminarios y proyectos de investigación, relacionados con educación y sensibilización, frente a las hectáreas y % de erosión de la unidad espacial de análisis	A mayor número de campañas educativas realizadas a favor de la conservación y/o recuperación de los suelos, mayor respuesta efectiva en contra de la degradación por erosión	Información obtenida en las visitas programadas a las CAR y CDS. Sistema de intercambio de conocimientos
	Inversión	Número de obras de recuperación de suelos, frente a las hectáreas y % de erosión de la unidad espacial de análisis	A mayor número de obras de recuperación de suelos realizadas, mayor respuesta efectiva en contra de la degradación por erosión	Información obtenida en las visitas programadas a las CAR y CDS
	Programas	Número de programas de manejo de suelos (agrícolas, ganaderos, mineros, viales), frente a las hectáreas y % de erosión de la unidad espacial de análisis	A mayor número de programas de manejo de suelos realizados, mayor respuesta efectiva en contra de la degradación por erosión	Información obtenida en las visitas programadas a las CAR y CDS
Hectáreas reforestadas, en áreas en diferentes grados de erosión		A mayor número de áreas reforestadas, mayor respuesta efectiva en contra de la degradación por erosión	Información obtenida en las visitas programadas a las CAR y CDS	
Político institucional cultural	Políticas y normas de conservación de suelos	Políticas y normas de conservación de suelos aplicadas en la unidad de análisis, frente a las hectáreas y % de erosión de la unidad espacial de análisis	A mayor aplicación de las políticas y normas vigentes que contribuyen directa e indirectamente a la conservación y manejo sostenible de suelos, mayor respuesta efectiva en contra de la degradación por erosión	Información obtenida en las visitas programadas a las CAR y CDS
	Control de cambios en el uso del suelo (ejemplo POT, POMCAS zonificación ambiental)	% de hectáreas cubiertas en cuanto al control en sus cambios en el uso del suelo (ejemplo: POT, POMCAS y zonificación ambiental), frente a las hectáreas y % de erosión de la unidad espacial de análisis	A mayor número de áreas propuestas y gestionadas desde los POT, POMCAS etc., mayor respuesta efectiva en contra de la degradación por erosión	Información obtenida en las visitas programadas a las CAR y CDS
Amenazas sionaturales	Control a los incendios forestales	Número de los eventos (incendios forestales), frente a las hectáreas y % de erosión de la unidad espacial de análisis	A menor número de incendios forestales, mayor respuesta efectiva en contra de la degradación por erosión	Información obtenida en las visitas programadas a las CAR y CDS



Tabla 2.20. ~ Componentes y factores utilizados para el análisis de las respuestas.

Dos de los principales indicadores de estado de la degradación del suelo por erosión son la severidad y la magnitud; la primera es entendida como el área total con presencia de grados de erosión severa y muy severa, y la segunda, como la suma del área total con algún grado de erosión.

Ejemplificando un poco lo escrito anteriormente, se puede plantear que la agresividad climática tiene una relación directa con los procesos de erosión sin tener en cuenta otros indicadores que independientemente se analizan. En consecuencia se puede deducir que el criterio de análisis es "A mayor agresividad climática, mayor grado de erosión".

En la figura 2.41 se presenta un ejemplo de la gráfica de análisis de un indicador con respecto a los grados de erosión interpretados.

También se observan los grados de erosión con respecto a los niveles de agresividad climática, representados con colores de semáforo, recomendados para diferenciar los niveles de importancia.

#### 4.1.7. CONSIDERACIONES PARA EL ANÁLISIS DE INDICADORES A NIVEL LOCAL

A partir de los criterios de selección mencionados anteriormente, los indicadores seleccionados para el trabajo regional y nacional se deben poder extrapolar a la escala local, con consideraciones de análisis más fino o detallado con los sistemas de producción y medios de vida particulares de cada localidad a analizar. Se debe orientar la observación al análisis y evaluación de las causas directas (históricas y recientes) e impactos indirectos de los focos de erosión (considerados como aquellas áreas donde se centra la erosión severa y muy severa).

Es importante revisar la batería de indicadores propuestos a nivel nacional para el monitoreo y seguimiento a la degradación de suelos por erosión, en el sentido de confirmar si la información está disponible para la escala local y si es coherente con la escala regional y con las unidades de análisis espaciales a considerar. Es posible ajustar la batería de indicadores incluyendo nuevas variables para cada componente (ecológico/ecosistémico, económico, social, cultural, político y de riesgos), correspondientes a los indicadores FPEIR.

En la zonificación a nivel local, es más evidente distinguir áreas con clases de erosión específica y no mixta. Igualmente, a nivel local es posible tener información no solamente cualitativa de la erosión sino cuantitativa. Mediante métodos *in situ* para cuantificar la erosión de los suelos, como son los clavos con rondanas, tapas de botellas, medición de raíces descubiertas, parcelas de escorrentía o *gerlach*, es posible presentar información aproximada de toneladas de suelo erosionado por hectárea/año. Para estudios a nivel local,

es necesario una información más detallada. Es posible encontrar para algunos componentes la misma información que se utilizó a escala regional, pero hay que profundizar en el análisis; por ejemplo, para el análisis de la precipitación, la información proviene de las mismas estaciones climatológicas que se consideraron a nivel nacional y regional, pero se puede hacer un análisis más profundo, al tener en cuenta no solamente cantidad de lluvia sino la frecuencia, la intensidad y el comportamiento en casos de fenómenos como La Niña y El Niño, entre otros.

Por otra parte, existen algunos estudios regionales en las universidades, instituciones, centros de investigación, entre otros, que dan cuenta de la información socioeconómica; sin embargo, esta no es homogénea para todos los casos y condiciones. Es necesario aprovechar las herramientas de talleres, conversatorios con actores sociales e institucionales, para lograr información primaria que nutra el análisis de causas y consecuencias de la degradación de suelos por erosión a estas escalas.

~ El criterio es una norma, condición o juicio que orienta el comportamiento del indicador y su relación con la erosión; en ese sentido el criterio proporciona una idea de cómo un indicador es una causa (FP) o una consecuencia (I) y de cómo la respuesta (R) es pertinente a la solución de problema de la degradación de suelos por erosión.~

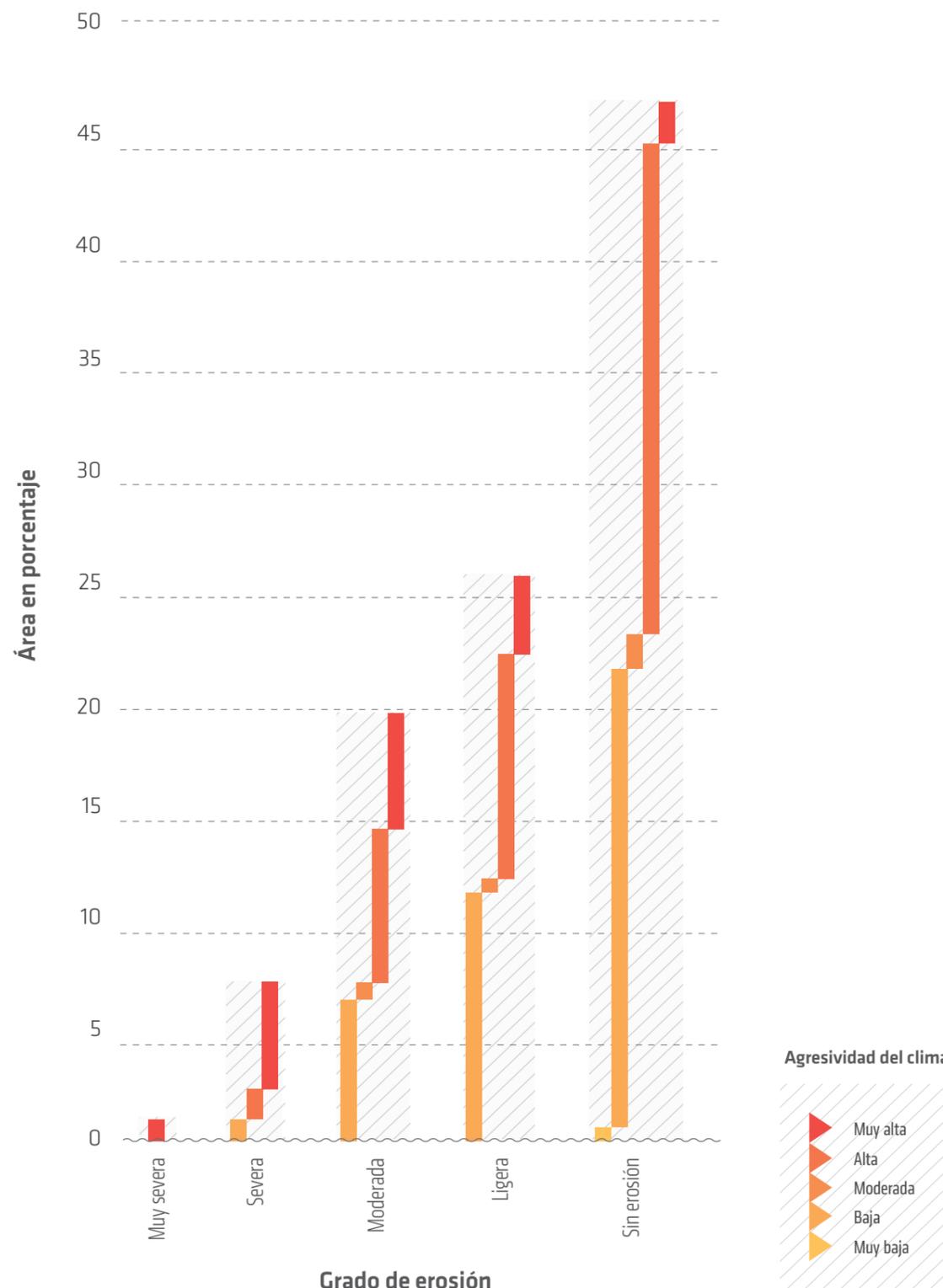


Figura 2.41. ~ Ejemplo de gráfica de análisis - Agresividad del clima AH Caribe.

## 4.2. ETAPA DE EVALUACIÓN DE LOS FACTORES DETERMINANTES DE LA DEGRADACIÓN DE SUELOS POR EROSIÓN

La etapa final consiste en evaluar todos los componentes e indicadores, con el fin de tener una mirada integrada del proceso de degradación de suelos por erosión. Esta evaluación debe presentarse de forma sencilla y clara para facilitar la toma de decisiones adecuadas por parte de los planificadores, y también debe facilitar el ingreso de información al sistema de monitoreo y seguimiento a la degradación de los suelos en el marco del programa de monitoreo y seguimiento a la calidad de los suelos.

Vale la pena anotar que hasta ahora el proceso metodológico de la recolección, análisis y evaluación de información del componente social, cultural y económico ha tenido como fundamento sustancial para su desarrollo la utilización e integración de información proveniente de las fases de zonificación y caracterización. Es así como desde la misma información secundaria y la recolección de información primaria se está observando la relación ser humano-naturaleza, utilizando la información de carácter biofísico para contextualizar el análisis del componente humano con respecto a la degradación de suelos por erosión. Una vez realizado el análisis espacial entre la zonificación de la erosión o indicador de Estado (E) versus cada uno de los otros indicadores FPEIR, se procede a evaluar todos los indicadores de manera integral, por componente y por indicador.

Esto se logra a partir de la relación directa entre las capas de información de la magnitud y severidad de

la erosión con las capas de información de cada uno de los indicadores por componente. Finalmente, esta evaluación se presenta mediante una representación gráfica comparativa, tanto para los indicadores de presión como para los de impacto.

Para cada indicador, se seleccionan sus niveles de mayor importancia y se superponen, con la utilización de los SIG, a los grados de la zonificación de erosión, considerada de acuerdo con sus valores de magnitud y severidad. Por ejemplo, se analiza la distribución de áreas de magnitud y severidad contra los niveles muy alto, alto y moderado del indicador agresividad climática; al final, se obtendrá un porcentaje de área de magnitud y otro de severidad para las zonas de mayor importancia en agresividad climática. Igualmente, el proceso se realiza para cada uno de los indicadores seleccionados para la evaluación, de manera que todos puedan ser representados, utilizando una hoja de cálculo, en una gráfica radial, normalizados en una escala de valores de 1 a 10, donde 1 se asemeja al 10% y 10 al 100%. Esta escala de valores permitirá visualizar la comparación entre todos los indicadores y componentes considerados e interpretar cuáles componentes son los que re-

quieran mayor atención y, dentro de ellos, cuáles indicadores tienen prelación, ya sea para la prevención o para la restauración, rehabilitación o planificación (ver figura 2.42).

A nivel nacional o regional se sugiere hacer un gráfico para los indicadores de presión y otro de los impactos que permitan la identificación rápida visual de las causas y consecuencias de la erosión en una determinada área. Colocar estos gráficos de presiones (causas) e impactos (consecuencias) de forma secuencial y de los resultados por departamento, áreas hidrográficas y área de jurisdicción de las Corporaciones Autónomas Regionales permitirá una comparación a nivel nacional.

Para evaluaciones a nivel local es útil revisar la información de la línea base de la degradación de suelos por erosión, especialmente en los puntos críticos socioeconómicos tanto de presión como de impacto, e informar qué clase de erosión es la que se presenta (cárcavas, surcos, terrazas) y no solamente el grado (severa, muy severa, ligera). Se debe también hacer una evaluación más rigurosa de los indicadores de respuesta. Así mismo, los impactos de la erosión sobre funciones y servicios ecosistémicos de los suelos

~ Los impactos de la erosión sobre funciones y servicios ecosistémicos de los suelos tales como la regulación del ciclo hidrológico, la captura de CO<sub>2</sub> y la filtración de contaminantes, así como la relación con la oferta de suelos para la agricultura, entre otros, deben evaluarse a nivel local.~

tales como la regulación del ciclo hidrológico, la captura de CO<sub>2</sub> y la filtración de contaminantes, así como la relación con la oferta de suelos para la agricultura, entre otros, deben ser centro de atención en los análisis y evaluaciones respectivas. Es necesario considerar las relaciones de la erosión con los escenarios prospectivos frente a los efectos adversos de la variabilidad y cambio climático y las respectivas medidas de adaptación

En la figura 2.43 y en la figura 2.44 se presenta un ejemplo de las salidas gráficas de evaluación integral de los impactos que las presiones generan en un área determinada.

En esta fase se elaboran los análisis y la discusión de los datos obtenidos de: la revisión de información secundaria, los productos de la etapa de campo, los resultados de laboratorio y la información socioeconómica, con el fin de obtener la evaluación del estado actual de la erosión y la iden-

tificación de las causas e impactos generados por este fenómeno.

Los principales productos de esta fase consisten en: el diagnóstico biofísico y socioeconómico del proceso de degradación de suelos por erosión, el análisis de indicadores bajo el esquema de FPEIR, la representación gráfica de evaluación por unidades de análisis de la degradación de suelos por erosión y la evaluación integrada de los componentes y sus indicadores FPEIR en un área o áreas determinadas. ■

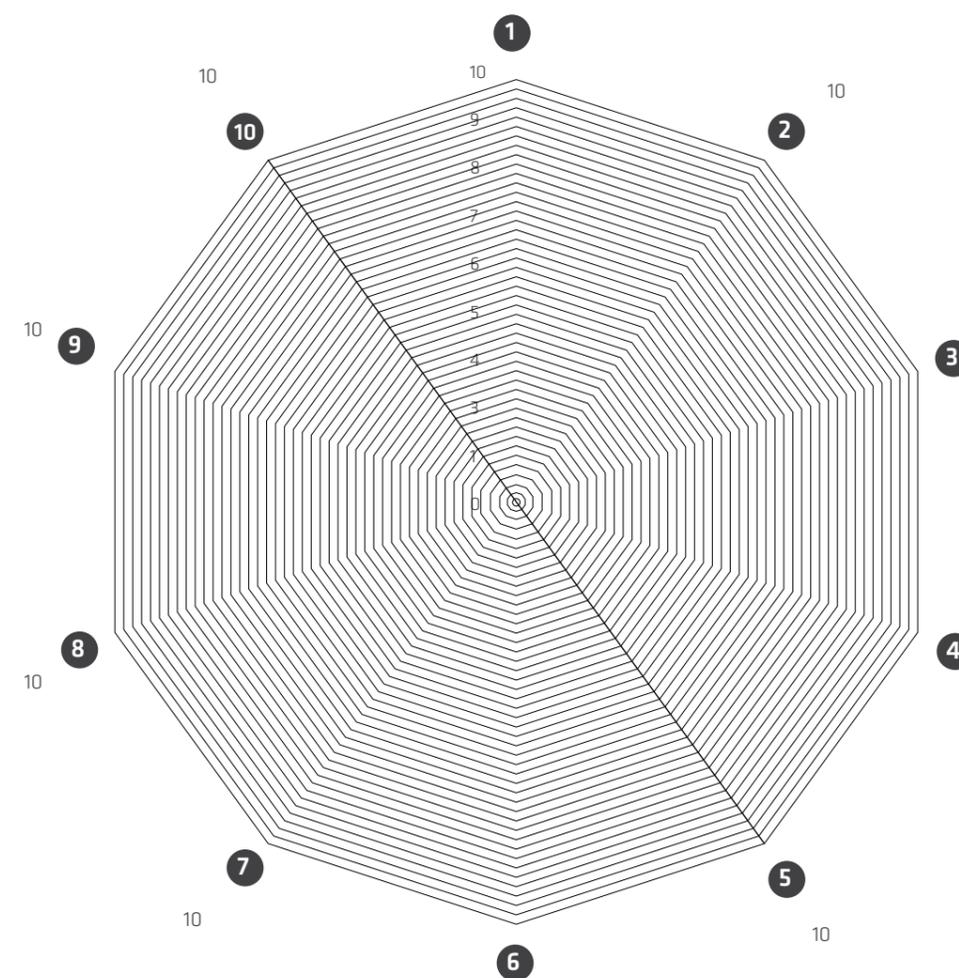
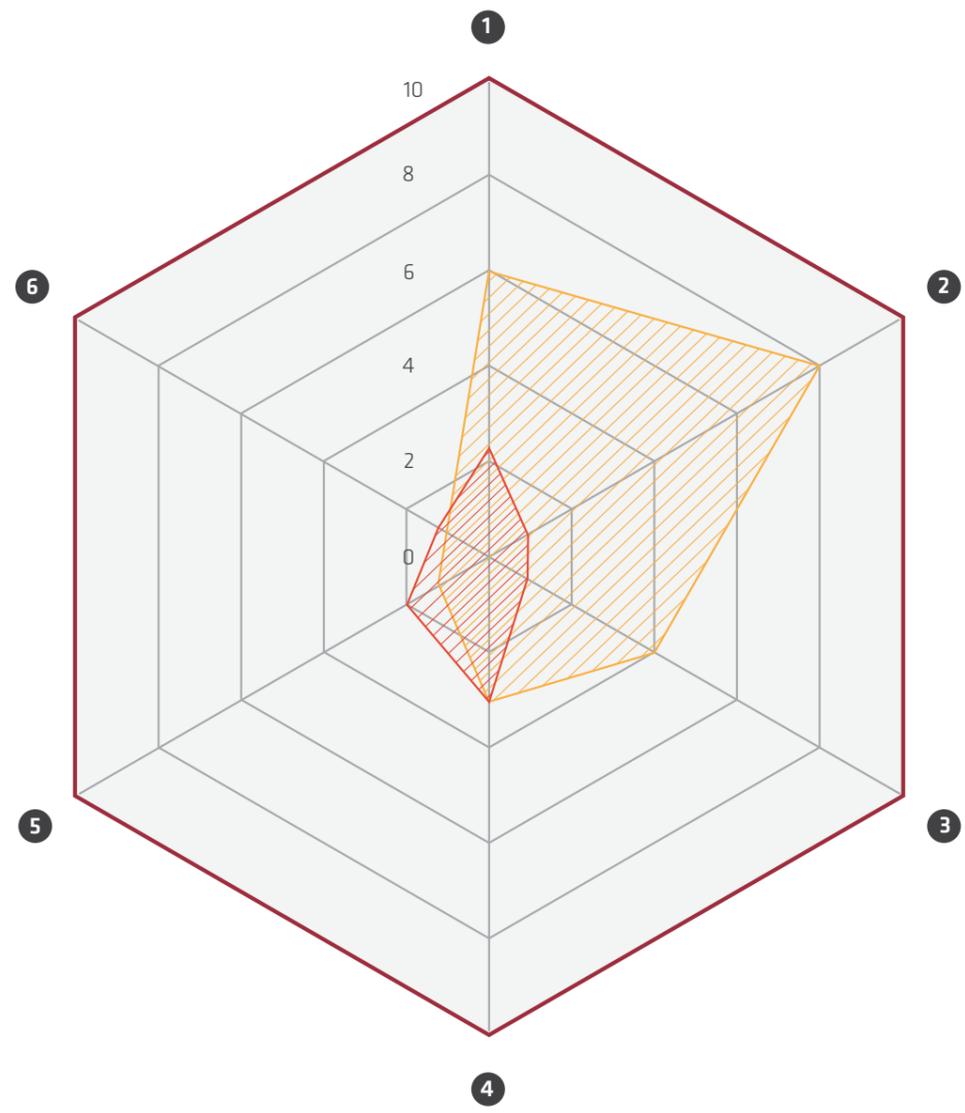
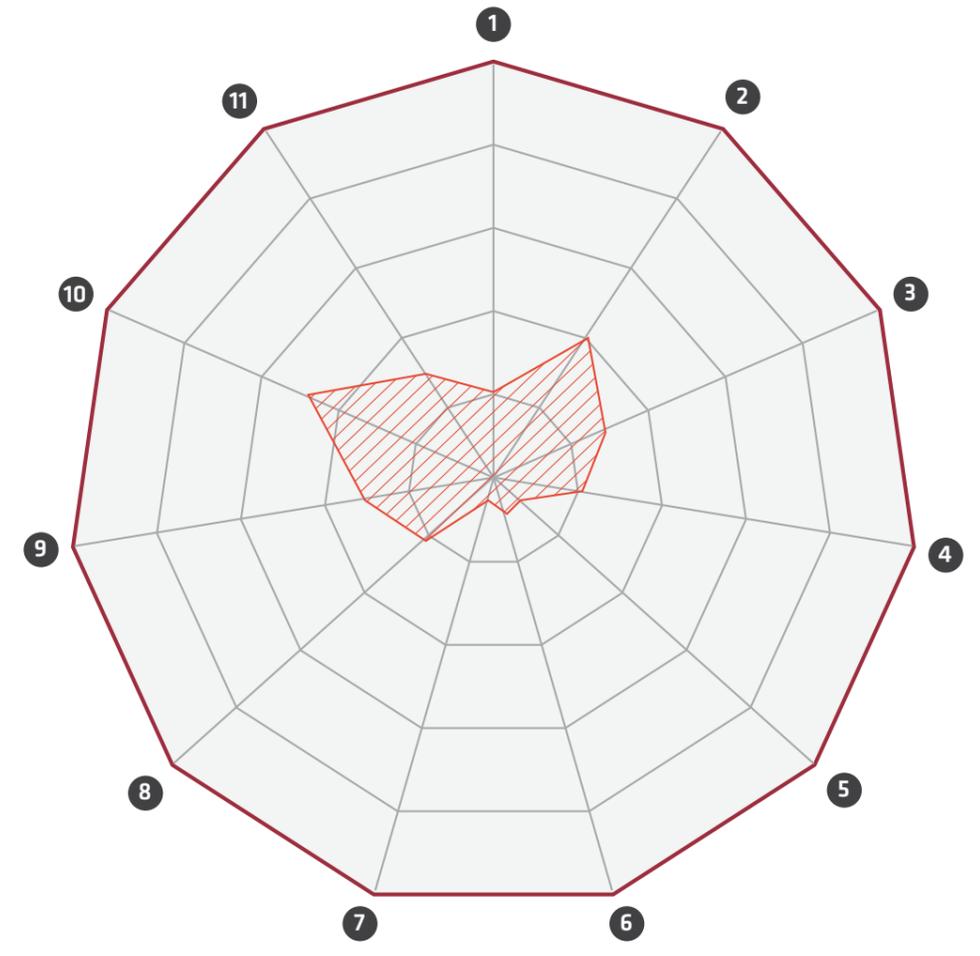


Figura 2.42. ~ Ejemplo de gráfica para la evaluación integral de la degradación del suelo por erosión (tipo radial).



- 1 Agresividad del clima
- 2 Usos del suelo
- 3 Crecimiento poblacional
- Máximo
- 4 Deforestación
- 5 Movimientos en masa
- 6 Conflictos de uso
- Magnitud
- Severidad



- Máximo
- Magnitud
- Severidad
- 1 Ecológico - pérdida de los mejores suelos
- 4 Económico - áreas para agricultura
- 8 Social - NBI
- 2 Ecológico - áreas protegidas
- 5 Económico - áreas para ganadería
- 9 Social - densidad de población
- 3 Ecológico - áreas prioritarias a conservación
- 6 Económico - áreas para forestal
- 10 Social - territorios étnicos
- 7 Económico - embalses amenazados
- 11 Amenaza - inundaciones



**Figura 2.43.** ~ Modelo de gráfico de evaluación integral de las presiones o causas de la degradación de suelos por erosión para un departamento o unidad de análisis.



**Figura 2.44.** ~ Modelo de gráfico de evaluación integral de los impactos o consecuencias de la degradación de suelos por erosión para un departamento u otra unidad de análisis.



# BIBLIOGRAFÍA

## A

**AEMA, A.** (2002). Señales medioambientales. Resumen. Luxemburgo: Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunicaciones Europeas.

**ARANGO OCHOA, R. & SÁNCHEZ GUTIÉRREZ, E.** (2004). Los Pueblos Indígenas de Colombia en el Umbral del Nuevo Milenio. Bogotá: DNP.

**ARROYABE, J.; TAPASCO, J.; RIVERA, B. & OBANDO, F.** (1999). Viabilidad del modelo EPIC para estimar pérdidas de suelo en zona de ladera. Suelos Ecuatoriales. Manizales: Universidad de Caldas.

## B

**Balvanera P., Cotler H., Aburto-Oropeza O., Aguilar-Contreras A., Aguilera-Peña M., Aluja M., Andrade-Cetto M., Arroyo-Quiroz I., Ashworth L., Astier M., Avila P., Bitrán-Bitrán D., Camargo T., Campo J., Cárdena-González B., Casas A., Díaz-Fleisher F., Etchevers J.D., Ghillardi A., González-Padilla E., Guevara A., López-Sagástegui C., Martínez J., Masera O., Mazari M., Nadal A., Pérez-Salicrup D., Pérez-Gil-Salcido R., Quesada M., Ramos-Eloduy J., Robles-González A., Rodríguez H., Rull J., Vergara C. H., Solalpa-Molina S., Zambrano L., Zarco A.** (2009). Estado y tendencias de los servicios ecosistémicos. En: Sarukhán J. (Coord.). Capital natural y bienestar social. Volumen II. Estado de Conservación y Tendencias de Cambio. CONABIO. México, D.F

**BENSE, T.** (2007). Tutorial: introducción a la percepción remota. Sextas Jornadas de Educación en Percepción Remota en el Ámbito del Mercosur y Primeras Uruguayas. SELPER, Capítulo Uruguay en Noviembre de 2007. Recuperado el 25 de septiembre de 2010, de <http://www.tedeldet.com.uy/tutotial-imagenes-satelitaltes/imagenes-satelitaltes-tutorial.htm>.

## C

**CCE**, C. D. (2002). Comunicación de la Comisión al Consejo, el parlamento europeo, el Comité Económico y Social y el Comité de las Regiones. Hacia una estrategia temática para la protección del suelo. Bruselas: CCE.

**CENICAFE**. (1975). Manual de conservación de suelos de ladera. Bogotá D.C.: Gerencia Técnica - CENICAFE.

**CIAT**. (1997a). Conservación de suelos y aguas en la zona andina. Hacia el desarrollo de un concepto integral. Memorias Taller Internacional Regional. Cali: CIAT.

**CIAT**. (1997b). Diseño del Protocolo para la Caracterización de los Ciclos de Carbono y Agua en Ecosistemas de Alta Montaña. Informe III, Modelo Conceptual, Algoritmo y Documentos de Soporte. Cali: CIAT.

**COLEGIO DE POSTGRADUANDOS**. (1977). Manual de conservación del suelo y del agua. Instructivo y procedimientos. Chapingo, México: Colegio de Postgraduandos.

**CORINE**. (1994). Soil erosion risk and important land resources - in the southern regions of the European Community. European Environment Agency.

**CORRALES, I.; ROSELL J.; SÁNCHEZ, L.; VERA, J. & VILAS, L.** (1977). Estratigrafía. Madrid: Rueda.

**CRIE**, C. R. (2005). Página del agua: La erosión. Obtenido de [www.criecv.org/es](http://www.criecv.org/es).

## D

**DANE**. (2005). Censo. Bogotá: Departamento Administrativo Nacional de Estadística.

**DANE**. (2010 - 2012). Encuesta Nacional Agropecuaria. Bogotá D.C.: DANE.

## E

**ELWEL, H.** (1981). A soil loss estimation technique for southern Africa. En J. W. CHICHESTER, Soil Conservation: Problems and Prospects (págs. 281 - 292). Reino Unido: MORGAN, R.P.C. (Ed).

**ETTER, A. C.** (2008). A historical analysis of the spatial and temporal drivers of landscape change in Colombia since 1500. *Annals of the American Association of Geographers*.

**EUROPEAN COMMISSION**. (1981). The Medalus project Mediterranean desertification and land use. Manual on key indicators of desertification and mapping environmentally sensitive areas to desertification. Bruselas: C. Kosmas Laboratory of Soils Chemistry, Agricultural University of Athens, Greece.

## F

**FAO**. (1995). Tillage systems in the tropics - Management options and sustainability implications. Roma, Italia: FAO Soils Bulletin 71.

**FAO**. (1996). Cumbre Mundial sobre la Alimentación. 13 - 17 de Noviembre de 1996. Roma, Italia: FAO.

**FAO**. (1998). Base de referencia para los suelos del mundo. Roma, Italia: FAO.

**FAO**. (2000). Evaluación de la degradación de tierras en zonas áridas. Roma, Italia: FAO.

**FAO**. (2001). Indicadores de la calidad de la tierra y su uso para la agricultura sostenible y el desarrollo rural. Boletín de tierras y aguas de la FAO. Roma, Italia: FAO.

**FAO**. (2003). Evaluación de la degradación de la Tierra en Zonas Áridas - LADA. Borrador V. Roma, Italia: LADALIN, Ed.

**FAO**. (2007). GEF. Informe Anual del Proyecto Enfoques Silvopastoriles Integrados para el Manejo de Ecosistemas. M. Ibrahim, F. Casasola, E. Ramírez & E. Murgueitio (Eds.). Turrialba, Costa Rica: CATIE. 137 p.

**FAO**. (2007). Proyecto Evaluación de la degradación de Tierras en Zonas Áridas LADA. Manual de Evaluación Local de la degradación de Tierras Áridas (LADA - L). Versión Final. Roma, Italia: Mecanismo Global de la UNCCD, UNEP, WOCAT.

**FAO**. (2008). Proyecto Evaluación de la degradación de Tierras en Zonas Áridas (LADA). República Argentina. Informe de avance a escala local.

**FAO**. (2015). Funciones y servicios ecosistémicos del Suelo. Recuperado el 1 de julio de 2015, de <http://www.fao.org/soils-2015/es/>

**FEDERAL GEOGRAPHIC DATA COMMITTEE**. (s.f.). FGDC Geospatial Metadata. Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 590 National Center.

**FGDC**, F. G. (s.f.). Standards for Digital Geospatial Metadata, US National Spatial Data Infrastructure. FGDC.

**FORERO (Ed.)** (2012). Sistemas de producción rurales en la región andina Colombiana. Análisis de su viabilidad económica, ambiental y cultural. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana. Instituto de Estudios Rurales (IER) Departamento de Desarrollo Regional y Rural. Grupo Sistemas de Producción y Conservación.

## G

**GÓMEZ SÁNCHEZ, C.** (2001). Modelo para la Evaluación, Monitoreo y Seguimiento del Impacto Ambiental de las Actividades Agrícolas Intensivas sobre los Suelos Colombianos. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. Instituto de Estudios Ambientales. Facultad de Derecho, Ciencias Políticas y Sociales. Maestría en Medio Ambiente y Desarrollo.

## H

**HIGUERAS.** (s.f.). Minería y suelo (II). La contaminación del suelo. Recuperado el 22 de julio de 2010 de <http://www.uclm.es/users/higueras/mam/MMAM5.htm>

**HIGUERAS, P. & OYARZUN, R.** (s.f.). Minería y suelo (II). La contaminación del suelo. Recuperado el 19 de mayo de 2015, de Curso de Minería y Medio Ambiente. Universidad de Castilla - La Mancha. Departamento de Geología: <http://www.uclm.es/users/higueras/MAM/Index.htm>.

## I

**IBÁÑEZ, J. J.** (2006). La Erosión del Suelo: Tipos de Procesos Erosivos. Recuperado el 22 de marzo de 2010 de <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2006/03/11/15557>.

**IDB.** (2002). Program to Combat desertification in South America, Document of the Inter-American development Bank-IDB, Agreement ATN/JF-7905-RG.

**IDEAM - PNUD.** (2010). Segunda Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Bogotá D.C.

**IDEAM - UDCA.** (2014). Línea base de la degradación de suelos por erosión. Bogotá D.C.: IDEAM - MADS.

**IDEAM.** (1996). Evaluación de los Sistemas de Producción Agrícola, en Áreas de Agricultura Intensiva del País, degradación de Suelos y Aguas por Efecto de los Plaguicidas. Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM.

**IDEAM.** (2001). Perfil del Estado de los Recursos Naturales y el Medio Ambiente en Colombia. Bogotá D.C.: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM.

**IDEAM.** (2010). Proyecto Redd. Metodología para la cuantificación de la deforestación a nivel nacional en el marco de formación de la capacidad técnica para reducir emisiones por deforestación en Colombia. Bogotá D.C.: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM; Fundación Natura; Fundación Moore.

**IDEAM.** (2012). Corine Land Cover. Bogotá D.C.: Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental - IDEAM.

**INDERENA.** (1978). Mapa de Intensidad de la erosión en suelos de Colombia. Bogotá.

**IPCC.** (2001). Climate range, The Scientific Basis. Cambridge Univ. Press. 881 p.

## K

**KANG, T.** (2002). Introduction to geographic information systems. N.Y.: International Edition.

**KENDAL, K. Y.** (1992). Análisis y diseño de sistemas. México: Prentice - Hall Hispanoamericana S.A.

## M

**MÁRQUEZ, G.** (2002). Ecosistemas Estratégicos, Bienestar y Desarrollo. En L. OSORIO et al., Educación para la gestión ambiental: una experiencia con los funcionarios del Sistema Nacional Ambiental en la Sierra Nevada de Santa Marta (págs. 103 - 115). Santa Marta: República de Colombia, Ministerio del Medio Ambiente - Universidad Nacional de Colombia - Instituto de Estudios Ambientales.

**MARTÍNEZ, J. A.** (1999). Modelos Digitales de Terreno: Estructuras de Datos y Aplicaciones en Análisis de Formas del Terreno y en Edafología. Lleida: Universitat de Lleida. Departament de Medi Ambient i Ciències del Sòl.

**MAVDT.** (2004). Plan de acción de lucha contra la desertificación y la sequía en Colombia - PAN. Bogotá D.C.: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Viceministerio de Ambiente. Dirección de Ecosistemas.

**MAVDT, IGAC & IDEAM.** (2010). Protocolo de Degradación de Suelos por Erosión. Bogotá D.C.: IDEAM, MAVDT, IGAC.

**MAVDT, IGAC & IDEAM.** (2010a). Memorias del Primer Taller Nacional sobre Degradación de Suelos y Tierras (PTNSD). Marco conceptual y metodológico. 18 y 19 de marzo de 2010. Bogotá D.C.

**MAVDT, IGAC & IDEAM.** (2010b). Memorias del Segundo Taller Nacional sobre Degradación de Suelos y Tierras (STNSD). Métodos, técnicas y herramientas. 17 y 18 de junio de 2010. Bogotá D.C.

**MAVDT, IGAC & IDEAM.** (2010c). Memorias del Tercer Taller Nacional sobre Degradación de Suelos y Tierras (TTNSD). Protocolos preliminares de degradación por erosión, salinización y desertificación. 2 y 3 de septiembre de 2010. Bogotá D.C.

## L

**LADA.** (2003). Evaluación de la degradación de la Tierra en Zonas Áridas. Informe Final. Roma, Italia: FAO.

**LADA.** (2007). Manual de Evaluación Local de la degradación de Tierras Áridas (LADA - L). Versión Final. Roma, Italia: FAO.

**LEÓN, P. J.** (2001). Estudio y control de la erosión hídrica. Medellín, Colombia: Centro de Publicaciones. Universidad Nacional de Colombia.

**LEÓN SICARD, T.** (2002). Curso de Agricultura Sostenible. Relaciones agricultura - ambiente en la degradación de tierras en Colombia. Recuperado el 22 de marzo de 2010, de [http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/IDEA/2007223/lecciones/lect8/lect8\\_1.html](http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/IDEA/2007223/lecciones/lect8/lect8_1.html).

**LEÓN SICARD, T.** (2007). Medio Ambiente, Tecnología y Modelos de Agricultura en Colombia. Bogotá: Ecoe Ediciones.

**MAVDT, IGAC & IDEAM.** (2010d). Memorias del Cuarto Taller Nacional sobre Degradación de Suelos y Tierras (CTNSD). Plan de monitoreo y seguimiento de los procesos de degradación de suelos y tierras de Colombia en el marco de la gestión ambiental y el cambio climático. Bogotá D.C.

**MEA** Millenium Ecosystem Assessment. (2003). Ecosystems and Human Well - Being: Synthesis. Washington D.C.: Island Press.

**MELO, L. & CAMACHO, M.** (2005). Interpretación visual de imágenes de sensores remotos y su aplicación en levantamientos de cobertura física y uso de la tierra. Bogotá D.C.: IGAC. 156 p.

**MENDIVELSO, D.; RUBIANO, Y. & MALAGÓN, D.** (1998). Erosión de las tierras Colombianas. IX Congreso Colombiano de la ciencia del suelo. Manejo de suelo e impacto ambiental. Memorias. Paipa, Boyacá.

**MINAMBIENTE.** (2006). 17% del territorio Colombiano muestra síntomas de desertificación. Recuperado el 20 de marzo de 2010, de <http://www.presidencia.gov.co/sne/2004/junio/18/03182004.html>.

**MOLANO, J.** (2004). Villa de Leyva: Ensayo de interpretación social de una catástrofe ecológica. Biblioteca virtual del Banco de la República. Recuperado el 30 de septiembre de 2010, de <http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/geografia/vlelva/p55-62.html>.

**MORENO, A.** (2006). Sistemas y análisis de la información geográfica. México D.F.: Alfaomega Grupo Editorial.

## N

**NACHTERGAELE, F. & PETRI, M.** (2007). Global databases for characterizing global land use systems. Reporte técnico 4, versión 0.8 documento interno. LADA/FAO.

## O

**OECD.** (1993). Indicateurs d'Environnement. Corps Central de l'OCDE. París: OCDE.

**OLMOS, E. & MONTENEGRO, H.** (1988). Inventarios de los problemas de erosión y degradación de suelos de Colombia. En Resúmenes del Congreso Colombiano de la Ciencia del Suelo. Neiva: Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo.

## P

**PÉREZ, S.** (2000). Modelo para evaluar la erosión hídrica en Colombia utilizando Sistemas de Información Geográfica. Bogotá D.C.: Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Química. Especialización en Ingeniería Ambiental.

**PLAZA, O.** (1998). Desarrollo Rural. Enfoques y métodos alternativos. Lima: 1a ed. Fondo editorial. Pontificia Universidad Católica del Perú.

**PNUMA.** (2008). Manual de Capacitación para Evaluaciones Ambientales Integrales y elaboración de informes. Winnipeg, Manitoba Canadá: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y el Instituto Internacional para el Desarrollo Sostenible.

## Q

**QUIROGA, R. & CEPAL.** (2009). Guía metodológica para desarrollar indicadores ambientales y de desarrollo sostenible en países de América Latina y el Caribe. Serie Manuales(61): 1- 129.

## R

**RAMÍREZ, M.** (marzo de 2002). Lineamientos para seguridad alimentaria: retos y perspectivas. Revista Economía y desarrollo. Fundación Universitaria Autónoma de Colombia, Vol. 1, N° 1.

## S

**SOIL SURVEY DIVISION SSDS.** (1993). Soil Survey Manual. Soil Conservation Service U.S. department of Agriculture. Handbook 18.

## U

**UAESPNN.** (2005). Bases Técnicas y Legales de la Política de Participación Social en la Conservación. Bogotá D.C.: Unidad Administrativa Especial de Parques Nacionales Naturales de Colombia - UAESPNN.

**USDA.** (2006). Claves para la Taxonomía de Suelos. 10a ed. Washington D.C.: Soil Survey Staff. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Servicio de Conservación de Recursos Naturales.

## W

**WISCHMEIER, W. & SMITH, D.** (1978). Predicting Rain - fall Erosion Losses. A guide to conservation planning. Washington D.C.: Agriculture Handbook N° 537. USDA - SEA, US. Govt. Printing Office. 58 p.



## LISTADO DE TABLAS

### A CONTEXTO GENERAL

**Tabla 1.1.** ~ Costos estimados de implementación de este protocolo por km<sup>2</sup>.  
Pág. 42

**Tabla 1.2.** ~ Personal, insumos y rubros a tener en cuenta para la implementación del protocolo.  
Pág. 43

### B METODOLOGÍA

**Tabla 2.1.** ~ Requerimientos de información para abordar la fase de identificación de la degradación de suelos por erosión, a distintas escalas (nacional, regional y local).  
Pág. 59

**Tabla 2.2.** ~ Sensores remotos que pueden ser utilizados.  
Pág. 69

**Tabla 2.3.** ~ Clasificación de la erosión, según tipo, clase y grado.  
Pág. 69

**Tabla 2.4.** ~ Clasificación de cárcavas según tamaño y área drenada.  
Pág. 75

**Tabla 2.5.** ~ Clasificación de cárcavas según su número y tamaño.  
Pág. 75

**Tabla 2.6.** ~ Clasificación de los procesos por erosión.  
Págs. 80,81

**Tabla 2.7.** ~ Evaluación de calidad mínima de la interpretación.  
Pág. 98

**Tabla 2.8.** ~ Ejemplo de comparación de datos del mapa y verificación en campo en puntos de control.  
Pág. 100

**Tabla 2.9.** ~ Unidades de análisis y actores relevantes para el trabajo de campo.  
Pág. 108

**Tabla 2.10.** ~ Organización de la información por indicadores FPEIR y componente.  
Pág. 127

**Tabla 2.11.** ~ Aspectos preseleccionados FPEIR.  
Pág. 130

**Tabla 2.12.** ~ Indicadores seleccionados FPEIR.  
Pág. 131

**Tabla 2.13.** ~ Clasificación Climática Caldas Lang - departamento de Cundinamarca.  
Pág. 132

**Tabla 2.14.** ~ Agresividad del clima sobre los suelos - departamento de Cundinamarca.  
Pág. 135

**Tabla 2.15.** ~ Ficha de caracterización territorial de información socioeconómica, ejemplo departamento del Magdalena.  
Págs. 138-139

**Tabla 2.16.** ~ Causas y efectos de la erosión.  
Págs. 142-143

**Tabla 2.17.** ~ Factores de presión del componente biofísico.  
Págs. 145

**Tabla 2.18.** ~ Factores de presión del componente socioeconómico y cultural.  
Pág. 146

**Tabla 2.19.** ~ Indicadores de impacto propuestos.  
Pág. 147-148

**Tabla 2.20.** ~ Componentes y factores utilizados para el análisis de las respuestas.  
Pág. 149



# LISTADO DE FIGURAS

Gráficas primarias  
Gráficas secundarias

## A CONTEXTO GENERAL

**Figura 1.1.** ~ Línea de tiempo del contexto internacional y nacional de políticas, conferencias, convenciones y programas que anteceden este protocolo metodológico.  
Págs. 20-21

**Figura 1.2.** ~ Protocolo de identificación y evaluación de la degradación de suelos por erosión en el marco del programa de monitoreo y seguimiento a la calidad de los suelos y de la política pública e institucional.  
Págs. 26-27

**Figura 1.3.** ~ Funciones y servicios de los suelos - Servicios económicos, ecológicos, sociales y culturales.  
Págs. 36-37

**Figura 1.4.** ~ Modelo FPEIR o DPSIR.  
Págs. 40-41

## B METODOLOGÍA

**Figura 2.1.** ~ Estructura metodológica del protocolo por fases, etapas y actividades.  
Pág. 49

**Figura 2.2.** ~ Fases del protocolo y enfoque FPEIR.  
Págs. 50-51

**Figura 2.3.** ~ Actividades y etapas de las fases generales del protocolo de monitoreo y seguimiento a la degradación de suelos por erosión.  
Págs. 52-53

**Figura 2.4.** ~ Niveles o escalas de análisis.  
Pág. 58

**Figura 2.5.** ~ Ejemplos de unidades de análisis y escala.  
Págs. 60-61

**Figura 2.6.** ~ Esquema metodológico para la zonificación de áreas degradadas por erosión por medio de interpretación de sensores remotos.  
Págs. 62-63

**Figura 2.7.** ~ Degradación de los suelos por erosión tipo hídrica/clase surcos y cárcavas/grado severa. González (Cesar) y Ocaña (Norte de Santander).  
Págs. 64-65

**Figura 2.8.** ~ Degradación de los suelos por erosión tipo hídrica/clase surcos y cárcavas/grado muy severa. Los Santos (Santander).  
Pág. 66

**Figura 2.9.** ~ Degradación de los suelos por erosión: Grado sin erosión. Puerto Concordia (Meta).  
Pág. 67

**Figura 2.10.** ~ Degradación de los suelos por erosión tipo hídrica/clase terraceo y surcos/grado moderada. San Juan del Cesar (La Guajira).  
Pág. 67

**Figura 2.11.** ~ Degradación de los suelos por erosión tipo hídrica /clase terraceo y laminar/grado severa. Guadalupe (Santander).  
Pág. 67

**Figura 2.12.** ~ Degradación de los suelos por erosión tipo eólica/clase pavimento del desierto/grado muy severa. Uribia (La Guajira).  
Pág. 68

**Figura 2.13.** ~ Clasificación de los grados de erosión.  
Pág. 70

**Figura 2.14.** ~ Erosión hídrica laminar y en surquillos moderada. Paipa - Boyacá (marzo 2010).  
Pág. 72

**Figura 2.15.** ~ Formación de surquillos en terrenos cultivados. Chíquiza - Boyacá (marzo 2010).  
Pág. 72

**Figura 2.16.** ~ Formación de surcos en terrenos cultivados en sentido de la pendiente. Gachantivá - Boyacá. Erosión en surcos moderada, con pérdida del horizonte superficial (variación en la coloración superficial del suelo)(marzo 2010).  
Pág. 72

**Figura 2.17.** ~ Erosión hídrica laminar severa, con abundantes calvas de erosión, por sobrepastoreo. Sáchica - Boyacá (marzo 2010).  
Pág. 72

**Figura 2.18.** ~ Erosión hídrica en cárcavas y laminar moderada (cárcavas distanciadas). San Benito Abad - Sucre (abril 2010).  
Pág. 73

**Figura 2.19.** ~ Erosión hídrica laminar y surquillos severa. Galeras - Sucre (abril 2010).  
**Pág. 73**

**Figura 2.20.** ~ Erosión hídrica en surcos severa. Buenavista - Sucre (abril 2010).  
**Pág. 73**

**Figura 2.21.** ~ Erosión hídrica laminar (con presencia de calvas) severa, sobreutilización progresiva. Buenavista – Sucre (abril 2010).  
**Pág. 73**

**Figura 2.22.** ~ Erosión en cárcavas profundas. Villa de Leyva – Boyacá. Sistema de cárcavas en laderas quebradas. Sora - Boyacá.  
**Pág. 74**

**Figura 2.23.** ~ Formación de surcos en laderas ligeramente inclinadas. Sampués - Sucre (Noviembre 2010).  
**Pág. 76**

**Figura 2.24.** ~ Erosión en surcos en cultivo de maíz. Coveñas - Sucre (Noviembre de 2010).  
**Pág. 76**

**Figura 2.25.** ~ Erosión laminar (calvas). Buenavista - Sucre (Noviembre 2010).  
**Pág. 78**

**Figura 2.26.** ~ Formación de cárcavas. Isla de San Andrés (Junio de 2015).  
**Pág. 78**

**Figura 2.27** ~ Erosión en terraceo o pata de vaca, asociada con movimientos en masa. Cumaral - Meta.  
**Pág. 78**

**Figura 2.28.** ~ Efecto del golpe (salpicadura) de las gotas de lluvia sobre el suelo y erosión por salpicadura.  
**Pág. 79**

**Figura 2.29.** ~ Erosión eólica. Uribia - Guajira (2015).  
**Pág. 80**

**Figura 2.30.** ~ Erosión eólica. Duna de Taroa, Uribia - Guajira (2015).  
**Pág. 81**

**Figura 2.31.** ~ Modelo general para elaborar el mapa de zonificación de degradación de suelos por erosión.  
**Págs. 82-83**

**Figura 2.32.** ~ Ejemplo de zonificación de la degradación por grado de erosión para el departamento de La Guajira.  
**Pág. 92**

**Figura 2.33.** ~ Etapas del control.  
**Pág. 94**

**Figura 2.34.** ~ Cuadro de relación de unidades de análisis y variables.  
**Pág. 121**

**Figura 2.35.** ~ Cuadro de relación de unidades de análisis, actores y métodos.  
**Págs. 122-123**

**Figura 2.36.** ~ Relación indicadores FPEIR.  
**Pág. 125**

**Figura 2.37.** ~ Clasificación Caldas Lang - departamento de Cundinamarca.  
**Pág. 134**

**Figura 2.38.** ~ Presión del clima como generador de erosión del suelo - departamento de Cundinamarca.  
**Pág. 135**

**Figura 2.39.** ~ Presión del clima como generador de erosión del suelo en Cundinamarca.  
**Pág. 136**

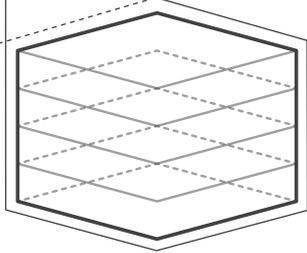
**Figura 2.40.** ~ Zonificación de la degradación del suelo por erosión - Área Hidrográfica Magdalena – Cauca.  
**Pág. 137**

**Figura 2.41.** ~ Ejemplo de grafica de análisis - Agresividad del clima AH Caribe.  
**Pág. 151**

**Figura 2.42.** ~ Ejemplo de gráfica para la evaluación integral de la degradación del suelo por erosión (tipo radial).  
**Pág. 153**

**Figura 2.43.** ~ Modelo de gráfico de evaluación integral de las presiones o causas de la degradación de suelos por erosión para un departamento o unidad de análisis.  
**Pág. 154**

**Figura 2.44.** ~ Modelo de gráfico de evaluación integral de los impactos o consecuencias de la degradación de suelos por erosión para un departamento u otra unidad de análisis.  
**Pág. 155**



**.Punto**aparte  
bookvertising