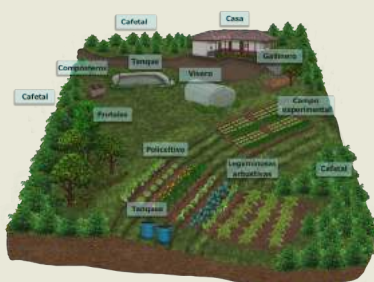




Organización de las Naciones Unidas
para la Alimentación y la Agricultura

Guía DE BUENAS PRÁCTICAS PARA LA GESTIÓN Y USO SOSTENIBLE DE LOS SUELOS EN ÁREAS RURALES

Construcción participativa del diagnóstico de suelos
Diseño de planes de intervención
Prácticas de manejo sostenible de los suelos



ALIANZA MUNDIAL
POR EL SUELO



MINAMBIENTE



GOBIERNO DE COLOMBIA

Guía DE BUENAS PRÁCTICAS PARA LA GESTIÓN Y USO SOSTENIBLE DE LOS SUELOS EN ÁREAS RURALES

Construcción participativa del diagnóstico de suelos
Diseño de planes de intervención
Prácticas de manejo sostenible de los suelos

Publicado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

Bogotá, Colombia

Las denominaciones empleadas en este producto informativo y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, por parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) o del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, juicio alguno sobre la condición jurídica o el nivel de desarrollo de países, territorios, ciudades o zonas, ni sobre sus autoridades, ni respecto de la demarcación de sus fronteras o límites. La mención de empresas o productos de fabricantes en particular, estén o no patentados, no implica que la FAO o el MADS los aprueben o recomienden de preferencia a otros de naturaleza similar que no se mencionan. Las opiniones expresadas en este producto informativo son las de su(s) autor(es) y no reflejan necesariamente los puntos de vista ni las políticas de la FAO o del MADS.

ISBN 978-92-5-130425-9

© FAO y MADS, 2018

La FAO y el MADS fomentan el uso, la reproducción y la difusión del material contenido en este producto informativo. Salvo que se indique lo contrario, se podrá copiar, descargar e imprimir el material con fines de estudio privado, investigación y docencia, o para su uso en productos o servicios no comerciales, siempre que se reconozca de forma adecuada a la FAO como la fuente y titular de los derechos de autor y que ello no implique en modo alguno que la FAO y el MADS aprueban los puntos de vista, productos o servicios de los usuarios.

Todas las solicitudes relativas a los derechos de traducción y adaptación así como a la reventa y otros derechos de uso comercial deberán realizarse a través de www.fao.org/contact-us/licence-request o dirigirse a copyright@fao.org.

Los productos de información de la FAO están disponibles en el sitio web de la Organización (www.fao.org/publications/es) y pueden adquirirse mediante solicitud por correo electrónico dirigida a publications-sales@fao.org.

Ilustraciones de la portada: Carolina Arcila

Impresión financiada por la Alianza Mundial por el Suelo

www.fao.org/colombia

ÍNDICE

LISTA DE ABREVIATURAS	VIII
GUÍA DE BUENAS PRÁCTICAS PARA LA GESTIÓN Y USO SOSTENIBLE DE LOS SUELOS EN ÁREAS RURALES	12
INTRODUCCIÓN A LA GUÍA	12
CAPÍTULO 1. CONCEPTOS Y ANTECEDENTES CLAVES	
1.1. Concepto de suelo	5
1.2. Importancia del suelo	6
1.3. Servicios ecosistémicos asociados a los suelos	7
1.4. Calidad del suelo	8
1.5. Vocación de uso del suelo	9
1.6. Vocación de uso del suelo en Colombia	10
1.7. Uso actual de los suelos de Colombia	10
1.8. Conflictos de uso del suelo en Colombia	21
1.9. Degradación de suelos por erosión en Colombia	12
1.10. Ejemplos sobre las inversiones de proyectos que implementan buenas prácticas de manejo de los suelos	14
CAPÍTULO 2. GUÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE PLANES DE INTERVENCIÓN EN BUENAS PRÁCTICAS PARA EL USO Y MANEJO SOSTENIBLE DE LOS SUELOS	
2.1. FASE DE IDENTIFICACIÓN	21
2.1.1. Identificar la situación problemática en la gestión sostenible de los suelos.	21
2.1.2. Documentar la situación problemática.	24
2.1.3. Consultar a actores relevantes del ámbito institucional y comunitario.	34
2.1.4. Verificar la disponibilidad de recursos económicos para financiar la posible intervención.	29
2.1.5. Delimitar de manera preliminar el área, objetivos y voluntad de participación en el plan de intervención.	32
2.2. FASE DE DIAGNÓSTICO.	33

ÍNDICE

2.2.1. Realizar un análisis de las problemáticas del suelo y de las prácticas de manejo no sostenibles en el área de intervención.	34
2.2.2. Realizar un análisis socio-cultural del área de intervención.	42
2.2.3. Elaborar el documento sobre el diagnóstico de prácticas no sostenibles del suelo y contexto socio-cultural del área de intervención.	46
2.3. FASE DE PLANIFICACIÓN.	46
2.3.1. Realizar el diseño del plan de intervención para la gestión sostenible de suelos por parte del grupo formulador.	46
2.3.2. Construir de manera participativa el plan de intervención para la gestión sostenible de suelos.	49
2.3.3. Formulación final del plan de intervención.	51
2.4. FASE DE IMPLEMENTACIÓN Y SEGUIMIENTO.	52
2.4.1. Ajustar detalles para la implementación y seguimiento al Plan de Intervención	52

CAPÍTULO 3. PRÁCTICAS PARA EL USO Y MANEJO SOSTENIBLE DE LOS SUELOS

3.1. OBSERVACIÓN Y EVALUACIÓN EN CAMPO DE LA CALIDAD DEL SUELO.	58
3.1.1. Evaluación cualitativa.	60
3.1.2. Evaluación cuantitativa.	66
3.2. PRÁCTICAS GENERALES PARA LA SOSTENIBILIDAD DEL SUELO.	70
3.2.1. Usar el suelo según su vocación de uso.	70
3.2.2. Labranza mínima.	71
3.2.3. Abonos verdes y cobertura permanente del suelo.	73
3.2.4. Barreras y cercas vivas.	76
3.2.5. Pastoreo controlado o rotativo.	78
3.2.6. Rotación de cultivos.	80
3.2.7. Policultivos o cultivos asociados.	82
3.2.8. Diversificación funcional.	85
3.3. OBRAS BIOMECÁNICAS PARA EL MANEJO DEL SUELO Y LOS FLUJOS DE AGUA	86
3.3.1. Revegetalización de taludes	88
3.3.2. Trinchos, terrazas y gaviones.	88
3.3.3. Surcos en contorno a partir de trazado de curvas de nivel	90
3.3.4. Trazado de senderos y zonas de circulación en áreas de conservación	91
3.3.5. Barreras corta fuegos en zonas forestales o de conservación.	92
3.3.6. Zanjias de infiltración o banquetas.	93
3.3.7. Pocetas o lagunetas para cosechar agua	94
3.4. ABONOS ORGÁNICOS Y BIOFERTILIZANTES	94
3.4.1. Abonos orgánicos sólidos.	94
3.4.2. Compostaje.	95
3.4.3. Lombricomposteo	99

ÍNDICE

3.4.4. Biofertilizantes.	100
3.4.5. Bioestimulantes o enraizadores.	102
3.5. CONTROL BIOLÓGICO Y BIOPREPARADOS	102
3.5.1. Control biológico.	103
3.5.2. Alelopatía.	104
3.5.3. Bioinsecticidas.	106
3.5.4. Biofungicidas.	107

BIBLIOGRAFÍA 109

Anexo 1: Ejemplos de criterios generales para la evaluación la vocación de uso de los suelos	115
Anexo 2: Ejemplo de formato para elaboración de diagrama de parcela.	116
Anexo 3: Ejemplo de tarjeta para la observación del suelo en campo.	118
Anexo 4: Ejemplos de plantas utilizadas como abono verde y cobertura.	121
Anexo 5: Tipos de barreras vivas y cercas vivas utilizadas.	122
Anexo 6: Tipos de asociación en policultivos.	123
Anexo 7: Ejemplos de acciones de apoyo al control biológico	123
Anexo 8: Ejemplos de plantas utilizadas en alelopatía	124

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Composición de los suelos.	5
Ilustración 2. Suelos y biodiversidad.	7
Ilustración 3. Servicios ecosistémicos asociados a los suelos.	8
Ilustración 4. El suelo como soporte de los servicios ecosistémicos.	9
Ilustración 5. Procesos de degradación de los suelos.	12
Ilustración 6. Degradación de los suelos por erosión	14
Ilustración 7. Implementación de buenas prácticas de manejo de los suelos	15
Ilustración 8. Mesa de trabajo con funcionarias y funcionarios	25
Ilustración 9. Taller de fotografía participativa	37
Ilustración 10. Elaboración de un mapa social	44
Ilustración 11. Perfil de suelo y sus diferentes usos.	57
Ilustración 12. Observación del suelo en campo	58
Ilustración 13. Ejemplo diligenciamiento de la tarjeta de evaluación cualitativa del suelo.	62
Ilustración 14. Uso del penetrómetro.	64
Ilustración 15. Trampa de luz: dispositivo para la recolección de mesofauna del suelo	68
Ilustración 16. Material necesario para el muestreo de suelos	69
Ilustración 17. Labranza mínima en surcos o continua	72
Ilustración 18. Incorporación de abonos verdes	73
Ilustración 19. Cercas vivas.	76
Ilustración 20. Ejemplo de pastoreo rotativo	78
Ilustración 21. Esquema de rotación de cultivos.	80
Ilustración 22. Asociación de cultivos en hortalizas	82
Ilustración 23. Asociación tradicional de cultivos: frijol, maíz y ahuyama	84
Ilustración 24. Ejemplo de diversificación funcional	85
Ilustración 25. Revegetalización de taludes	88
Ilustración 26. Trinchos, terrazas y gaviones	89
Ilustración 27. Trazado de curvas de nivel con un nivel tipo "A".	90
Ilustración 28. Trazado de senderos en zonas de conservación	91
Ilustración 29. Barreras corta fuego en zonas de conservación	92
Ilustración 30. Trazado de zanjas para prevenir la erosión.	93
Ilustración 31. Laguneta para cosechar agua	94
Ilustración 32. Volteo del compost	98
Ilustración 33. Sistemas cerrados y abiertos para compostaje.	99
Ilustración 34. Ejemplo de estructura para lombricomposteo.	99
Ilustración 35. Ejemplo de elaboración y almacenamiento de biofertilizantes.	100
Ilustración 36. Efecto de los enraizadores	102
Ilustración 37. Control biológico del pulgón por Coccinellidae	103
Ilustración 38. Ejemplos de plantas acompañantes y plantas repelentes	104
Ilustración 39. Ejemplo de preparación de bioinsecticidas	106
Ilustración 40. Ejemplo de preparación de biofungicidas.	107

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Vocación de uso del suelo en Colombia.	10
Tabla 2. Coberturas de la tierra en Colombia.	10
Tabla 3. Conflictos de uso del suelo colombiano.	11
Tabla 4. Grados de erosión de los suelos en Colombia.	13
Tabla 5. Inversiones aproximadas de recuperación de suelos en proceso de degradación (reportados por proyecto).	16
Tabla 6. Metodología para implementar planes de intervención en buenas prácticas para el uso sostenible del suelo.	20
Tabla 7. Priorización de problemáticas para la gestión sostenible de los suelos	25
Tabla 8. Matriz de criterios para la priorización de problemáticas en gestión sostenible de los suelos dirigida a actores relevantes	27
Tabla 9. Entrevistas semi-estructuradas para priorización de problemáticas en gestión sostenible de los suelos.	29
Tabla 10. Reunión de consulta acerca de la voluntad de participación de la comunidad en el plan de intervención	33
Tabla 11. Recorrido por el área de intervención con actores comunitarios claves	34
Tabla 12. Evaluación de los servicios ecosistémicos asociados a los suelos	40
Tabla 13. Mapa social	45
Tabla 14. Taller de planificación	49
Tabla 15. Tabla de prácticas a implementar	50
Tabla 16. Matriz de seguimiento de prácticas implementadas	51
Tabla 17. Roles del comité de implementación del plan de intervención.	52

LISTA DE ABREVIATURAS

CIAT

Centro Internacional de Agricultura Tropical

CIPAV

Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria

CORPOICA

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria

COUSSA

Componente de Conservación y Uso Sustentable de Suelo y Agua

DANE

Departamento Administrativo Nacional de Estadística

DNP

Departamento Nacional de Planeación

EOT

Esquema de Ordenamiento Territorial

FAO

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

FONAM

Fondo Nacional Ambiental

FONTUR

Fondo de Promoción Turística

GEF

Global Environment Facility

IAT

Incentivo de Asistencia Técnica

ICA

Instituto Colombiano Agropecuario

ICR

Incentivo a la Capitalización Rural

IDEAM

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales

IGAC

Instituto Geográfico Agustín Codazzi

INTA

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

ISPA

Intensificación Sostenible de la Producción Agrícola

MADR

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural

MADS

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

MAVDT

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial

NAMA

Nationally Appropriate Mitigation Actions

POMCA

Plan de Ordenamiento y Manejo de Cuenca Hidrográfica

POT

Plan de Ordenamiento Territorial

LISTA DE ABREVIATURAS

PROCAS

Proyecto de Conservación de Agua y Suelo

PSA

Pago por Servicios Ambientales

SAGARPA

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación

SIAC

Sistema de Información Ambiental de Colombia

SIG

Sistemas de Información Geográficos

SINCHI

Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas

UNCCD

Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación

UNFCCC

Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

UPRA

Unidad de Planificación Rural Agropecuaria

USDA

Departamento de Agricultura de los Estados Unidos

WOCAT

World Overview of Conservation Approaches and Technologies

COLABORADORES

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA -FAO-

RAFAEL ZAVALA GÓMEZ DEL CAMPO
Representante de la FAO Colombia

IVÁN FELIPE LEÓN AYALA
Oficial Nacional de Programas FAO Colombia

HIVY ORTIZ CHOUR
Oficial Forestal para América Latina y el Caribe

RONALD VARGAS ROJAS
Oficial Técnico de Suelos en la División de Tierras
y Aguas de la FAO Roma

Autores

CAROLINA OLIVERA SÁNCHEZ
Coordinadora proyecto
“Gestión y uso sostenible del suelo”

LIZETH MANUELA AVELLANEDA TORRES
Consultora especialista en suelo
Proyecto “Gestión y uso sostenible del suelo”

Colaboradores

Proyecto “Gestión y uso sostenible del suelo”

Juan Carlos Durán Dueñas
Facilitador especialista en manejo
y uso sostenible del suelo

Maria Angélica Fernández García
Especialista en conservación de suelos

Alejandro Valencia Vera
Especialista en conservación de suelos

Revisión Técnica

Anamaria García
Pilar Román
Consultoras Oficina Regional FAO Chile

Beatriz Nofuentes

Consultora Oficina FAO Roma

Natalia Florez

Leidy Tibaduiza Castañeda
Investigadoras Máster Corpoica

Diseño y Diagramación

Oficina de Comunicaciones
FAO Colombia
Giovanny Aristizábal Hincapié
Nadya González Alarcón

Corrección de estilo

Héctor Latorre

Ilustración

Carolina Arcila Jiménez

COLABORADORES

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE -MADS-

LUIS GILBERTO MURILLO URRUTIA
Ministro de Ambiente y Desarrollo sostenible

WILLER EDILBERTO GUEVARA HURTADO
Director de Asuntos Ambientales Sectoriales y Urbanos

Revisión técnica
Margarita Maria Lopera Mesa
Andrés Guillermo Pinilla Saavedra

COLABORADORES INSTITUCIONALES

Instituto geográfico Agustín Codazzi -IGAC-
Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales -IDEAM-
Corpoica Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca -CAR-
Corporación Autónoma Regional de Nariño -CORPONARIÑO-
Corporación Autónoma Regional de Risaralda -CARDER-
Corporación Autónoma Regional de Santander -CAS-
Corporación Autónoma Regional del Cauca -CRC-
Corporación Autónoma Regional del Cesar -CORPOCESAR-
Corporación Autónoma Regional del Tolima -CORTOLIMA-
Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial de La Macarena -CORMACARENA-
Corporación para el Desarrollo Sostenible del Norte y el Oriente Amazónico -CDA-
Corporación para el Desarrollo Sostenible del Sur de la Amazonia -CORPOAMAZONIA-
Corporación Autónoma Regional de la Orinoquia -CORPORINOQUIA-
Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los Ríos Negro y Nare -CORNARE-
Corporación Autónoma Regional del Quindío -CRQ-
Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés Providencia y Santa Catalina -CORALINA-

Corporación Autónoma Regional de Boyacá -CORPOBOYACÁ-
Corporación Autónoma Regional de Caldas -CORPOCALDAS-
Corporación Autónoma Regional de Chivor -CORPOCHIVOR-
Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge -CVS-
Corporación Autónoma Regional de Sucre -CARSUCRE-
Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia -CORANTIOQUIA-
Corporación para el desarrollo sostenible del Urabá -CORPOURABA-
Corporación Autónoma Regional de La Guajira -CORPOGUAJIRA-
Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental -CORPONOR-
Departamento Nacional de Planeación -DNP/SDAS-
Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales -UDCA-
Instituto Colombiano Agropecuario -ICA-
Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas -SINCHI-
Universidad de la Salle Asociación Colombiana de Compostajes -ASOCOMPOST-
Fondo Nacional de la Porcicultura -ASOPORCICULTORES-
Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite -CENIPALMA-

COLABORADORES

Federación de Fiqueros –FEDEFIQUE-
Instituto Alexander Von Humboldt
Instituto Nacional de Salud -INS-
Secretaría Distrital de Ambiente -SDA-
Sociedad Colombiana de Ingenieros Agrónomos
-ACIA-
Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo
-SCCS-
Unidad de Planificación Rural Agropecuaria
-UPRA-
Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural
-MADR-
Ministerio de Minas y Energía
Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio
Federación Nacional de Arroceros
-FEDEARROZ-
Gobernación del Tolima
Gobernación del Quindío
Secretaría de Desarrollo Agropecuario de
Risaralda
Secretaría de Planeación Departamental
del Tolima
Secretaría Desarrollo Agropecuario
y Producción Alimentaria del Tolima
Secretaría Desarrollo Rural
Alcaldía de Ibagué

Gobernación de Sucre
Secretaría de Desarrollo Económico y Medio
Ambiente de Sucre
Prosperidad Social
Universidad de Córdoba
Alcaldía de Chachagúí (UMATA)
Asociación Hortifruticola de Colombia
-ASOHOFRUCOL- Pasto
Comité de Cafeteros – Pasto
Federación Colombiana de Papa –FEDEPAPA-
Federación Nacional de Cultivadores Artesanos
y Procesadores de Fique –FENALFIQUE-
Servicio Nacional de Aprendizaje -SENA-
Universidad de Nariño
Universidad Surcolombiana
Asociación de Usuarios de Aguas del Distrito de
Riego del Río Coello –USOCOELLO-
Agencia Nacional de Tierras
Universidad del Magdalena
Centro de Investigaciones del Banano
-CENIBANANO-
Parques Nacionales Naturales -PNN- Caribe

PRÓLOGO

Como reacción a los crecientes problemas de degradación de suelos en Colombia, la FAO y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible se unieron para aportar elementos a la protección y conservación de los suelos del país, a través de la presente guía de buenas prácticas para la gestión y uso sostenible de los suelos en áreas rurales.

Lo anterior cobra especial relevancia si se tiene en cuenta la importancia de los suelos para el equilibrio ecológico, el cambio climático, la biodiversidad, la prestación de servicios ecosistémicos, y muy especialmente para la garantía de la seguridad alimentaria y la construcción de una agricultura cada vez más sostenible.

La presente guía fue realizada por solicitud del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible como una herramienta para que las personas relacionadas con la gestión y manejo del suelo puedan diseñar de manera participativa planes de manejo sostenible de suelos, concebidos a partir del diagnóstico de las principales problemáticas asociadas al manejo y uso de los suelos, hasta la implementación de los respectivos planes de intervención. Así mismo, la guía cuenta con la descripción detallada sobre prácticas que contribuyen a la conservación de las funciones del suelo, proporcionando información sobre cada práctica: qué es, para qué se usa y cómo se hace.

Entre las prácticas presentadas en la guía, se encuentran igualmente métodos y técnicas agroecológicas, que hacen parte de los procesos habitualmente utilizados en los proyectos productivos promovidos por la FAO. Se presentan tecnologías específicas del manejo de suelos provenientes de diversas experiencias de conservación de suelos y se integran prácticas provenientes de metodologías preventivas de la gestión del riesgo agroclimático.

La guía presenta la vocación de uso del suelo como un criterio esencial para su conservación. Así mismo, describe una metodología sencilla de conocimiento del suelo en campo como una práctica clave para el manejo sostenible y la autonomía de decisión del usuario del suelo.

Se consideran los diferentes usos de los suelos, no solamente los usos agropecuarios sino también los usos agroforestales, forestales, de conservación y de protección.

Este texto fue realizado con la contribución de Corporaciones Autónomas Regionales, asociaciones de productores, gobernaciones, gremios agropecuarios y diferentes instituciones que permitieron a través de talleres de campo validar y fortalecer las diferentes metodologías presentadas.

Sin duda la presente guía es un importante aporte para el desarrollo de las áreas de conservación y la promoción de una agricultura más sostenible y en ese sentido, constituye una herramienta para la construcción de paz en las zonas rurales del país, donde los suelos son un componente clave en los procesos dirigidos a asegurar la sostenibilidad ambiental, social y económica. Esperamos que estas buenas prácticas sean la base para que el manejo sostenible se logre aplicar 'así en la tierra como en los suelos.'

RAFAEL ZAVALA GÓMEZ DEL CAMPO
Representante FAO En Colombia

GUÍA DE BUENAS PRÁCTICAS PARA LA GESTIÓN Y USO SOSTENIBLE DE LOS SUELOS EN ÁREAS RURALES

INTRODUCCIÓN A LA GUÍA

Los suelos sufren una creciente presión por la intensificación de su uso para la agricultura, la silvicultura, el pastoreo y la urbanización. Se estima que la demanda de una población creciente sobre el suelo aumentará un 60% para 2050 (FAO, 2015a). Estas presiones, combinadas con usos y prácticas de gestión no sostenibles, así como los fenómenos climáticos extremos, causan una degradación importante del suelo, que en el caso de Colombia afecta el 40% del territorio en lo que se refiere a erosión (MAVDT-IDEAM, 2015).

De esta manera, las medidas preventivas, como la implementación de buenas prácticas de manejo sostenible del suelo, son esenciales para revertir su tendencia a la degradación, y con ello garantizar la seguridad alimentaria y proteger la prestación de los diferentes servicios ecosistémicos asociados al suelo.

La presente *“Guía de buenas prácticas para la gestión y uso sostenible de los suelos en áreas rurales”* es una herramienta destinada a los actores de ámbito local, regional o nacional que deseen implementar acciones para la gestión sostenible del suelo, de acuerdo con sus intereses y competencias.

Esta guía busca promover la puesta en marcha de planes de intervención para el uso y manejo sostenible de los suelos y resalta la importancia de evaluar sus características antes de realizar cualquier actividad, ya sea agrícola, ganadera, agroforestal, forestal o de conservación.

Cabe anotar que dichos planes de intervención tienen en cuenta los factores sociales, económicos y culturales como ejes articuladores del manejo sostenible del territorio y buscan el desarrollo de las acciones de manera conjunta con las comunidades, incluyendo el componente de género de manera transversal.

Este documento es el resultado de un trabajo conjunto realizado entre el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Minambiente) y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), en el marco de la implementación de la *Política para la Gestión Sostenible del Suelo*. Adicionalmente, fue revisado por actores del orden nacional y regional en dos mesas de trabajo y cinco talleres regionales en el marco del Acuerdo de Cooperación Número 05 de 2015 suscrito entre Minambiente y la FAO.

En el primer capítulo se presentan conceptos claves e información sobre el estado general de los suelos de Colombia y se resaltan algunos datos relevantes en materia de su uso, vocación, conflicto y degradación. Así mismo, se muestran ejemplos de proyectos que han implementado buenas prácticas de manejo de este recurso.

En el segundo capítulo se tratan elementos metodológicos para la construcción y ejecución de los planes de intervención en la implementación de las buenas prácticas para la gestión sostenible de los suelos, de manera conjunta con las comunidades y actores locales

En el tercer capítulo, se encuentran descritos ejemplos de prácticas para el manejo sostenible de los suelos en temas como evaluación, obras biomecánicas y abonamiento orgánico, entre otros.

Se espera que la presente Guía sea un aporte para la toma de decisiones en la gestión sostenible de los suelos del país y una contribución al fortalecimiento de la conservación, mantenimiento y recuperación de los servicios ecosistémicos asociados al recurso suelo.

CAPÍTULO 1

CONCEPTOS Y ANTECEDENTES CLAVES

**LOS
SUELOS
APORTAN
SERVICIOS
ECOSISTÉMICOS
QUE PERMITEN
LA VIDA
EN LA TIERRA**

Considerando que la presente Guía tiene como objetivo principal la puesta en marcha de planes para el uso y manejo sostenible de los suelos, en este capítulo se presentan algunos conceptos y antecedentes claves que buscan hablar un mismo lenguaje relativo al suelo.

Los conceptos desarrollados en la *Política para la Gestión Sostenible del suelo* (Minambiente, 2016) representan la base de este documento y hacen parte del marco conceptual para los términos relacionados con el suelo, como su calidad, importancia y servicios ecosistémicos asociados.

1.1. Concepto de suelo

El suelo es un componente vital del ambiente natural. Su disponibilidad es limitada y se encuentra constituido por minerales, aire, agua, materia orgánica, macro, meso y micro-organismos que desempeñan procesos fundamentales de tipo biótico y abiótico, cumpliendo funciones indispensables para la sociedad y el planeta (Minambiente, 2016).

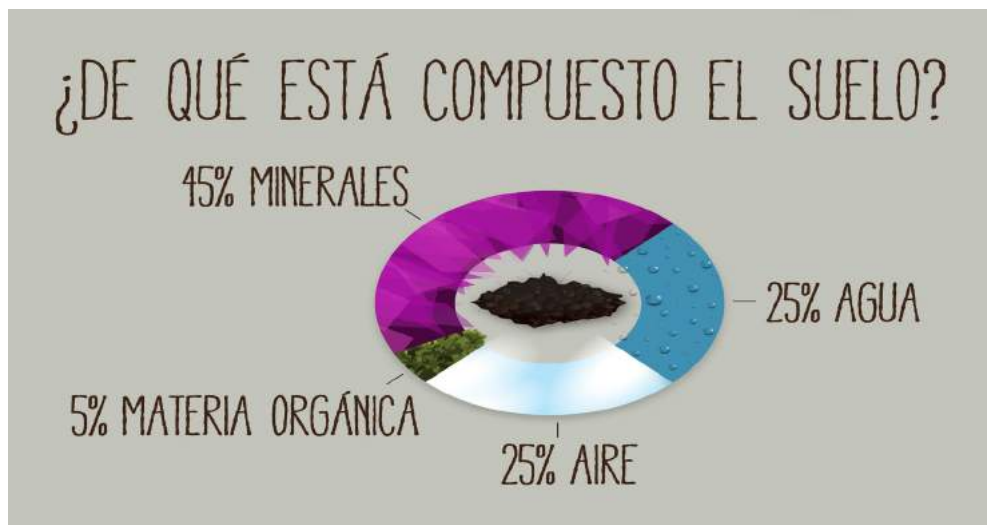


Ilustración 1. Composición de los suelos. Fuente: FAO, 2015.

Según el Ministerio de Agricultura de Estados Unidos, USDA, el límite del suelo en la parte superior es el aire o el agua superficial. El límite inferior puede ser la roca dura o depósitos de materiales minerales que no han sido afectados por los factores formadores del suelo (Soil Survey Staff, 1994).

El suelo es indispensable y determinante para la estructura y el funcionamiento de los ciclos del agua, del aire y de los nutrientes, así como para la biodiversidad. Esto en razón a que el suelo es parte esencial de los ciclos biogeoquímicos, en los cuales hay distribución, transporte, almacenamiento y transformación de materiales y energía necesarios para la vida en el planeta (van Miegrot y Johnsson, 2009; Martin, 1998). Es igualmente fundamental para la tierra, el territorio y las culturas; da soporte a la vida y a las actividades humanas permitiendo garantizar los derechos ambientales de las generaciones presentes y futuras. Sin embargo, el suelo se puede deteriorar y luego que esto ocurre, su recuperación es difícil, costosa, toma mucho tiempo y en algunos casos es imposible volver al estado inicial (Minambiente, 2016).

Así mismo, el suelo es un soporte para las plantas, los bosques y la biodiversidad, y está relacionado con el adecuado uso y equilibrio de los recursos agua y aire. Por ende, retomando la definición de gobernanza de los recursos naturales de la FAO, la gobernanza del suelo es un proceso dinámico y participativo que se traduce en arreglos institucionales y sociales para la toma de decisiones e implementación de las mismas, garantizando los derechos de las partes interesadas y su manejo, uso y conservación. De esta manera, se integran las dimensiones social, ambiental, económica, política y cultural del recurso suelo (FAO, 2015b).

En ese sentido, el suelo debe ser visto de manera integral, no solo con todos sus componentes y funciones, sino en sus inter-relaciones con los otros elementos o componentes del ambiente (entre ellos el subsuelo, las plantas, el agua, el aire, etc.), considerando las dimensiones social, ambiental, económica, política y cultural y ello debe traducirse, entre otras, en políticas y normas, acordes con el principio de integralidad (Minambiente, 2016).

1.2. Importancia del suelo

Una gestión adecuada del suelo constituye un factor esencial en la agricultura sostenible y proporciona también un resorte valioso para regular el clima y salvaguardar los servicios ecosistémicos y la biodiversidad. Los suelos saludables son un requisito previo básico para satisfacer las diversas necesidades de alimentos, biomasa (energía), fibra, forraje y otros productos, y para garantizar la prestación de los servicios ecosistémicos esenciales en todas las regiones del mundo (FAO, 2015a).

El suelo es indispensable y determinante para la estructura y el funcionamiento de los ciclos del agua, del aire y de los nutrientes. Las funciones específicas que un suelo proporciona se rigen en gran medida por el conjunto de propiedades químicas, biológicas y físicas que se hallan en dicho suelo. Así mismo, los suelos son una reserva clave de biodiversidad mundial que abarca desde los microorganismos hasta la flora y la fauna. Esta biodiversidad tiene una función fundamental en el respaldo a las funciones del suelo y, por tanto, a los bienes y servicios ecosistémicos asociados con los suelos (FAO, 2015a).

SUELOS Y BIODIVERSIDAD

Una gestión adecuada del suelo es un factor esencial en la agricultura sostenible y un resorte valioso para regular el clima y salvaguardar los servicios ecosistémicos y la biodiversidad.



Ilustración 2. Suelos y biodiversidad. Fuente: FAO, 2015e

1.3. Servicios ecosistémicos asociados a los suelos

Los servicios ecosistémicos se definen como aquellos procesos y funciones de los ecosistemas que son percibidos por los seres humanos como un beneficio (de tipo ecológico, cultural o económico) directo o indirecto. Incluyen aquellos de aprovisionamiento, como comida y agua; servicios de regulación, como la regulación de las inundaciones, sequías, degradación del terreno y enfermedades; servicios de sustento como la formación del sustrato y el reciclaje de los nutrientes; y servicios culturales, ya sean recreacionales, espirituales, religiosos u otros beneficios no materiales (Minambiente, 2012).

La producción de alimentos por ejemplo, depende de la disponibilidad y calidad del suelo, encontrando que el 95 por ciento de los alimentos provienen del mismo (FAO, 2015c).

De igual manera, el suelo constituye el principal reservorio de agua dulce del planeta y es determinante para la regulación de la cantidad y calidad del agua suministrada en el medio natural. De ahí el concepto de cuenca hidrográfica como expresión de la vinculación y dependencia que existe entre estos dos recursos naturales.

CONCEPTOS Y ANTECEDENTES CLAVES

Otro de los servicios ecosistémicos esenciales del suelo es la captura de carbono, que se estima en dos tercios del carbono fijado en el planeta, el cual aunque es un factor difícil de valorar económicamente (comparado por ejemplo con el carbono fijado por los bosques) es un servicio fundamental para el mantenimiento del equilibrio ecológico en el planeta.



Ilustración 3. Servicios ecosistémicos asociados a los suelos. Fuente: FAO, 2015f

1.4. Calidad del suelo

La calidad del suelo se define como la capacidad específica que tiene un suelo para funcionar en un ecosistema natural o antrópico de acuerdo a sus funciones: (1) promover la productividad del sistema sin perder sus propiedades físicas, químicas y biológicas (productividad biológica sostenible); (2) atenuar contaminantes ambientales y patógenos (calidad ambiental); y (3) favorecer la salud de plantas, animales y humanos (Doran y Parkin, 1994). De esta manera, los servicios ecosistémicos asociados al suelo están directamente relacionados con su calidad.

CALIDAD DEL SUELO

- 1) Conservar las propiedades del suelo
- 2) Atenuar contaminantes
- 3) Favorecer la salud de plantas, animales y humanos



Ilustración 4. El suelo como soporte de los servicios ecosistémicos

1.5. Vocación de uso del suelo

La vocación de uso del suelo se refiere a la clase mayor de uso que una unidad de suelo está en capacidad natural de soportar con características de sostenibilidad, evaluada sobre una base biofísica. Está subdividida en cinco (5) clases: agrícola, ganadera, agroforestal, forestal y de conservación (IGAC, 2012).

La presente Guía toma como referencia el concepto de vocación de uso del suelo ya que es el que mejor responde al objetivo de evaluación de los servicios ecosistémicos de los suelos, comparado con los conceptos de aptitud de uso o capacidad de uso, que evalúan una función en particular como es la provisión de alimentos.

1.6. Vocación de uso del suelo en Colombia

De acuerdo con el “*Estudio de los conflictos de uso del territorio colombiano*” (IGAC, 2012) la vocación de uso del suelo en Colombia se encuentra dividida de la siguiente manera **(Tabla 1)**:

TABLA 1 VOCACIÓN DE USO DEL SUELO EN COLOMBIA

VOCACIÓN DE USO DE LOS SUELOS	ÁREA (Ha)	% ÁREA
Agrícola	22'077.625	19,34 %
Ganadera	15'192.738	13,31 %
Agrosilvopastoril	4'057.776	3,55 %
Forestal	64'204.294	56,23 %
Conservación de suelos	6'303.503	5,52 %
Otros	2'338.863	2,05 %
TOTAL	114'174 .800	100 %

Fuente: IGAC, 2012

Según el IGAC (2012), los suelos del país tienen una vocación principalmente forestal, con 56,23 % del territorio. En segundo lugar, aparece la vocación agrícola que representa un 19,34 % y en tercer lugar se encuentran los suelos con vocación ganadera con 13,31 % del país.

Los suelos con vocación para la conservación y recuperación tienen una extensión equivalente al 5,52 % del país y corresponden principalmente a la conservación de los recursos hídricos e hidrobiológicos y a la recuperación. Los suelos con vocación agrosilvopastoril corresponden a 3,55 % del total nacional independientemente de los usos silvopastoril y agro silvícola (IGAC, 2012).

1.7. Uso actual de los suelos de Colombia

Según el mapa de coberturas y usos de las tierras y los mares en Colombia del IGAC (2012), escala 1:100.000, elaborado con la metodología Corine Land Cover y los datos de las evaluaciones municipales agropecuarias y la encuesta nacional agropecuaria del año 2002, las coberturas presentes en el área continental de Colombia son **(Tabla 2)**.

Según el IGAC (2012) el área continental se encuentra cubierta en su mayoría por bosques, en un 53 % del área total, seguido por los territorios ganaderos que corresponden a un 31 %, y los territorios agrícolas a un 5%.

TABLA 2 COBERTURAS DE LA TIERRA EN COLOMBIA

CATEGORÍA	ÁREA CONTINENTAL (Ha)	% ÁREA CONTINENTAL
Zonas urbanas y suburbanas	416.847	0,37 %
Territorios agrícolas	5'315.705	4,66 %
Territorios ganaderos	34'898.456	30,57%
Bosques	60'703.476	53,17 %
Bosques y áreas semi-naturales	5'064.191	4,44 %
Áreas húmedas	1'376.513	1,21 %





Superficies de agua	1'820.574	1,59 %
Otras coberturas (afloramientos rocosos, glaciares y otros)	1'135.045	0,99 %
Nubes	3'443.993	3,02 %
TOTAL	114'174.800	100 %

Fuente: IGAC, 2012.

1.8. Conflictos de uso del suelo en Colombia

Los conflictos de uso del suelo identificados por el IGAC (2012) se encuentran clasificados por uso adecuado, subutilización y sobreutilización, como se ilustra en la **Tabla 3**.

TABLA 3 CONFLICTOS DE USO DEL SUELO COLOMBIANO

TIPO DE CONFLICTO DE USO	ÁREA (Ha)	% ÁREA
Uso adecuado	77'176.828	67,60 %
Subutilización	14'946.997	13,09 %
Sobreutilización	17'847.401	15,63 %
Zona urbana	222.818	0,20 %
Nubes	3'980.757	3,49 %
TOTAL	114 174 800	100 %

Fuente: IGAC et al. 2012

De acuerdo con el IGAC (2012) el uso adecuado del suelo en Colombia es del 68 %. El conflicto de uso por subutilización del suelo corresponde al 13 % del territorio nacional, y se presenta en suelos donde la demanda es menor a la capacidad productiva de los suelos. El conflicto de uso por sobreutilización del suelo corresponde al 16% del territorio nacional e incluye los suelos donde los agroecosistemas tienen un aprovechamiento intenso, sobrepasando su capacidad productiva.

Particularmente, en el uso agrícola se evidencia la subutilización del suelo, ya que la vocación equivale a 22 millones de hectáreas y el uso es de solamente 5 millones de hectáreas en Colombia. En el uso ganadero se evidencia una sobreutilización, ya que la vocación corresponde solamente a 15 millones de hectáreas y el uso de territorios ganaderos corresponde a 34 millones de hectáreas. Respecto al uso forestal es similar, la vocación es de 64 millones de hectáreas y el uso es de 65 millones de hectáreas.

EN COLOMBIA

El uso ganadero evidencia sobreutilización, ya que la vocación corresponde solamente a 15 millones de hectáreas y el uso de territorios ganaderos corresponde a 34 millones de hectáreas

1.9. Degradación de suelos por erosión en Colombia

La degradación de los suelos se refiere a la disminución o alteración negativa de una o varias de las ofertas de bienes, servicios y/o funciones ecosistémicas y ambientales, ocasionada por procesos naturales o antrópicos que, en casos críticos, pueden originar la pérdida o la destrucción total del componente ambiental (MAVDT-IDEAM, 2004).



Ilustración 5. Procesos de degradación de los suelos. FAO, 2015g

La degradación de suelos puede ser física, química o biológica. En la degradación física se presenta la erosión y la compactación, en la degradación química se presenta la salinización, la acidificación/alcalinización y la contaminación. La degradación biológica se evidencia por la pérdida de la materia orgánica, el desequilibrio de la actividad biológica y procesos de mineralización del suelo (Minambiente -IDEAM, 2015).

La definición de erosión según el Protocolo de Degradación de Suelos por Erosión es "la pérdida de la capa superficial de la corteza terrestre por acción del agua y/o del viento, que es mediada por el hombre, y trae consecuencias ambientales, sociales, económicas y culturales" (Minambiente -IDEAM, 2015).

Tabla 4 GRADOS DE EROSIÓN DE LOS SUELOS EN COLOMBIA

GRADO DE EROSIÓN	DESCRIPCIÓN	ÁREA (Ha)	%
Muy severa	Pérdida total de los horizontes superficiales y pérdida parcial de los horizontes sub superficiales del suelo.	271.390	0,2
Severa	Los horizontes superficiales del suelo están completamente removidos y los horizontes sub superficiales expuestos.	3'063.189	2,7
Moderada	Remoción de los horizontes superficiales del suelo y la capa superficial de suelo ha perdido espesor. Requiere prácticas de conservación y restauración inmediatas, de lo contrario, pueden pasar rápidamente a grado severo.	19'222.171	16,8
Ligera	Se presenta alguna evidencia de pérdida de suelo en los horizontes superficiales del suelo, por escurrimiento superficial.	22'820.320	20
Sin evidencia	No se evidencian rasgos de erosión en la superficie de suelo.	66'149.687	58
No suelo	Zonas urbanas, cuerpos de agua y afloramientos rocosos.	2'588.854	2,3
TOTAL		114'115. 611,3	100,00

Fuente: Minambiente - IDEAM, 2015.

Según el estudio línea base de degradación de suelos por erosión (Minambiente -IDEAM, 2015) el 40 % de la superficie continental de Colombia presenta algún grado de erosión. El grado de erosión ligera corresponde al 20 % (**Tabla 4**), el grado moderado al 17 %, el grado severo al 2,7 % y el grado muy severo corresponde al 0,24 % del territorio nacional (Minambiente -IDEAM, 2015).

Por otro lado, los departamentos más afectados por la magnitud de la erosión, es decir, por la suma de áreas de erosión ligera, moderada, severa y muy severa respecto al área del departamento son Cesar, Caldas, Córdoba, Cundinamarca, Santander, La Guajira, Atlántico, Magdalena, Sucre, Tolima, Quindío, Huila y Boyacá (Minambiente -IDEAM, 2015).

Los departamentos más afectados por severidad de la erosión, es decir, por la suma de las áreas con erosión severa y muy severa en relación con el área del departamento son: La Guajira, Magdalena, Cesar, Huila, Sucre, Santander, Tolima, Boyacá, Atlántico, Norte de Santander y Valle del Cauca (Minambiente -IDEAM, 2015).

En este sentido y según lo señala la Política para la *Gestión Sostenible del Suelo* es urgente promover la conservación del suelo, entendida como el mantenimiento de sus múltiples funciones a través de acciones de generación de conocimiento, preservación, restauración, manejo y uso sostenible del suelo (Minambiente, 2016).

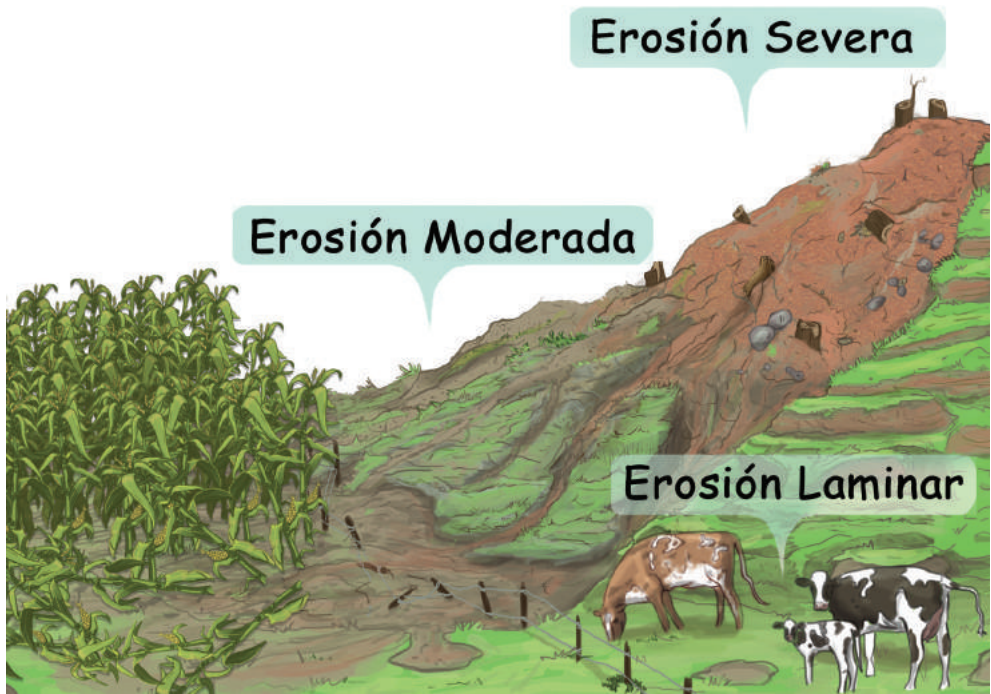


Ilustración 6. Degradación de los suelos por erosión

1.10. Ejemplos sobre las inversiones de proyectos que implementan buenas prácticas de manejo de los suelos

A continuación se presentan algunas experiencias que incluyen la implementación de buenas prácticas de manejo sostenible de los suelos y en las cuales se esbozan los costos de inversión (Tabla 5).



DESPUÉS

Ilustración 7. Implementación de buenas prácticas de manejo de los suelos

• **Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV) – Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible.**

El proyecto de Ganadería Colombiana Sostenible tuvo por objetivo implementar núcleos regionales de arreglos silvopastoriles que permitieron realizar una gestión sostenible de los recursos naturales al interior de las fincas ganaderas (Uribe, Zuluaga, Valencia et al. 2011).

Su intención fue generar reducción de las limitantes para la implementación de buenas prácticas de uso del suelo, beneficiando a ganaderos y ambiente. Se desarrolló en tres componentes principales: i) mejoramiento de la productividad de los suelos en las áreas del proyecto a través de sistemas silvo pastoriles, ii) incremento de la conectividad y reducción de la degradación de la tierra, a través de diferentes esquemas de pago por servicios ambientales, y iii) fortalecimiento de las instituciones del subsector, relacionadas con la adopción de sistemas silvo pastoriles amigables con el ambiente en la ganadería colombiana. Se realizó la siembra de 10.000 plántulas por hectárea (Uribe F. et al. 2011) y contó con una inversión inicial de 14 millones USD, que durante cinco años y cubrió un área de 50.500 Ha en cinco regiones del país (CIPAV, 2011).

• **Proyecto de conservación y uso sostenible del suelo y agua – COUSSA México.**

El proyecto COUSSA (2007 – 2012) consistió en la aplicación de prácticas de conservación de suelo y agua como: terrazas, tinas ciegas, barreras vivas, prácticas productivo conservacionistas (cambio a cultivos por adaptabilidad y menor impacto en suelo), soporte técnico, enseñanza, investigación y fortalecimiento institucional.

Invirtió 77 millones USD para la implementación de acciones de conservación de suelo en 212 000 hectáreas y beneficiando a 199 000 productores. La inversión aproximada para recuperación de suelos por una (1) hectárea fue de 365 USD en seis años (SAGARPA, 2012 y COUSSA-SAGARPA, 2012).

• **Proyecto Checua – PROCAS.**

La Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) a través del Proyecto Checua (en la actualidad Programa de Conservación de aguas y suelos – PROCAS) viene trabajando desde el año 1985 en el control de la erosión bajo el enfoque preventivo, a partir de la transferencia tecnológica a la agricultura de conservación.

Las prácticas de conservación implementadas durante el proyecto Checua - PROCAS han sido: mínimo movimiento de suelo, rotación con abonos verdes, cobertura permanente, labranza mínima y renovación de praderas. Los fondos para el Proyecto Checua – PROCAS fueron de 12 millones USD destinados para 61.000 hectáreas (Pérez, 1993).

- Recursos invertidos para la implementación de buenas prácticas de manejo sostenible de los suelos en los anteriores proyectos.

En la **Tabla 5** se presenta un resumen de los recursos invertidos en los proyectos citados anteriormente, en los cuales se implementaron prácticas de manejo sostenible de los suelos.

TABLA 5 INVERSIONES APROXIMADAS DE RECUPERACIÓN DE SUELOS EN PROCESO DE DEGRADACIÓN (REPORTADOS POR PROYECTO).

PROYECTO	INVERSIÓN TOTAL POR PROYECTO USD \$	NÚMERO DE HECTÁREAS
CIPAV - Ganadería Sostenible	14 millones USD	50 500 Ha
COUSSA – SAGARPA México	77 millones USD	212 000 Ha
CAR – PROYECTO CHECUA – PROCAS	12 millones USD	61 000 Ha

Fuente: datos reportados por proyecto.

HAY MÁS
ORGANISMOS
EN UNA
CUCHARADA
DE SUELO SANO...
QUE GENTE
EN EL PLANETA

CAPÍTULO 2

GUÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN
DE PLANES DE INTERVENCIÓN EN
BUENAS PRÁCTICAS PARA EL USO Y
MANEJO SOSTENIBLE DE LOS SUELOS

PLANIFICAR EL USO Y MANEJO SOSTENIBLE DEL SUELO

El presente capítulo tiene como objetivo orientar y brindar herramientas a los actores regionales y locales para la construcción y puesta en marcha de “*Planes de intervención para la implementación de buenas prácticas para el uso y manejo sostenible de los suelos*”.

Se propone que la construcción de los *Planes de intervención* se desarrolle en cuatro 4 fases principales: *la fase de identificación*, *la fase de diagnóstico*, *la fase de planificación* y *la fase de implementación y seguimiento*.

Dichas fases se diseñaron teniendo en cuenta tres aspectos: técnicos, participativos y económicos. Los aspectos técnicos tienen como objetivo proporcionar elementos de apoyo para la entidad que lidera la construcción y ejecución del plan de intervención. Los aspectos participativos hacen parte integral del proceso y buscan la apropiación y construcción del mismo por parte de mujeres y hombres de la comunidad, quienes en conjunto con los representantes del grupo formulador y a través de herramientas como la cartografía social construyan e implementen de manera colectiva los Planes de intervención. En los aspectos económicos se busca determinar la factibilidad de la implementación del proyecto en función de la disponibilidad de recursos.

Con el fin de identificar los diferentes actores descritos en esta Guía se sugiere tener en cuenta la siguiente definición de actores involucrados:

- **Grupo formulador:** es el grupo de personas responsable de la formulación y ejecución del *Plan de intervención para la implementación de buenas prácticas para el uso y manejo sostenible de los suelos*. Deberá tener la capacidad de convocar a la comunidad, tener acceso a fondos públicos o privados destinados al mejoramiento de los suelos y contar con posibilidades para el uso de herramientas de información geográfica.

El grupo formulador puede estar conformado por miembros de la comunidad, de una Corporación Autónoma Regional o Corporación Autónoma para el Desarrollo Sostenible, Secretaría de Ambiente o Secretaría de Agricultura de una Alcaldía, una Gobernación, ONGs, asociaciones o Agencias de cooperación entre otras.

- **Actores institucionales:** son entidades que pueden participar en cualquier momento del proceso de construcción del plan de intervención, por su conocimiento regional o temático relacionado con el manejo sostenible del suelo.

Los actores institucionales pueden ser de orden público o privado, los Gremios, las Federaciones, las Alcaldías, Gobernaciones, la Academia y todas las instituciones afines relacionadas con la gestión sostenible de los suelos.

- **Actores de la comunidad:** los actores de la comunidad serán los principales implicados en el proceso de construcción e implementación del plan de intervención para la gestión sostenible de los suelos. Son mujeres y hombres agricultores, propietarios o arrendatarios de las tierras, representantes de sociedades, consejos comunitarios, consejos de cuenca, cooperativas, líderes comunitarios o juntas de acción comunal, entre otros.

A continuación se presenta la tabla donde se visualiza cada una de las fases de la *Guía para la implementación de planes de intervención en buenas prácticas para el uso y manejo sostenible de los suelos*.

GUÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN

TABLA 6 METODOLOGÍA PARA IMPLEMENTAR PLANES DE INTERVENCIÓN EN BUENAS PRÁCTICAS PARA EL USO SOSTENIBLE DEL SUELO

Implementar planes de intervención en buenas prácticas para uso y manejo sostenible de los suelos	2.1. FASE DE IDENTIFICACIÓN Identificar la situación problemática y delimitar el área de intervención de manera preliminar	2.1.1. Identificar la situación problemática en al gestión sostenible de los suelos	Escuchar y/o revisar quejas de la comunidad Verificar las necesidades del plan de trabajo de la entidad líder Reconocer las problemáticas por experiencia propia: identificar prácticas no sostenibles en el manejo de los suelos
		2.1.2. Documentar la situación problemática	Revisar la información cartográfica oficial (mapas de uso, vocación, conflictos, degradación, ecosistemas estratégicos) Analizar y sistematizar la información. Elaborar un documento de síntesis
		2.1.3. Consultar a actores relevantes del ámbito institucional y comunitario	Desarrollar mesas de trabajo para priorización de problemáticas en la gestión sostenible de los suelos Realizar entrevistas semi-estructurales para la priorización de la problemática
		2.1.4. Verificar la disponibilidad de recursos económicos para financiar la posible intervención	Revisar fuentes de financiación internas Revisar fuentes de financiación externas
		2.1.5. Delimitar de manera preliminar el área, objetivos y voluntad de participación en el plan de intervención	Delimitar de manera preliminar el área y los objetivos de intervención Consultar con la comunidad implicada la voluntad de participar en el plan de intervención
		2.2. FASE DE DIAGNÓSTICO: Caracterizar las prácticas de manejo no sostenible de los suelos y el perfil socio-cultural en el área a intervenir	Analizar la documentación socio-cultural del área a intervenir Realizar un mapa social acerca del área de intervención
			Recopilar información sobre las problemáticas del suelo uy las prácticas de manejo no sostenibles 1: Alendario agrícola Opción 2: Fotografía participativa Opción 3: Videos experienciales Identificar los servicios ecosistémicos del área de intervención diligenciando la matriz diseñada
			Analizar la documentación socio-cultural del área a intervenir Realizar un mapa social acerca del área de intervención
			Sistematizar la información recolectada y elaborar el documento de diagnóstico biofísico y de las prácticas de manejo no sostenibles del área de intervención
			Sistematizar la información recolectada y elaborar el documento de diagnóstico socio-cultural
			Seleccionar las buenas prácticas para el manejo sostenible de los suelos en el área de intervención Construir el presupuesto y cronograma del plan de intervención Construir preliminarmente el documento del plan de intervención por parte de la institución líder
			Presentar y retro alimentar el plan de intervención Construir las metas y matriz de indicadores del plan de intervención
	2.3. FASE DE PLANIFICACIÓN: Formular el plan de intervención para la gestión sostenible de los suelos en el área definida	2.3.1. Realizar el diseño preliminar del plan de intervención para la gestión sostenible de los suelos por parte de la entidad líder	Elaborar el documento final de plan de intervención de acuerdo con los aportes de la comunidad Socializar el documento final en la entidad líder
		2.3.2. Construir de manera participativa el plan de intervención para la gestión sostenible de suelos	Definir un comité de implementación del plan de intervención Asignar roles y responsabilidades
		2.3.3. Formulación final del plan de intervención	Definir fechas de ejecución (cronograma) y responsables del seguimiento
	2.4 FASE DE IMPLEMENTACIÓN Y SEGUIMIENTO: Implementar el plan de intervención para la gestión sostenible del suelo y realizar seguimiento	2.4.1. Ajustar detalles para la implementación y seguimiento del plan de intervención	

2.1. FASE DE IDENTIFICACIÓN

El objetivo de esta fase es identificar la situación problemática relacionada con prácticas insostenibles en el manejo del suelo que estén poniendo en riesgo la conservación de los servicios ecosistémicos asociados a este. Esta *fase de identificación* permitirá determinar de manera preliminar el área y los posibles objetivos de intervención para la puesta en marcha de *Planes de intervención para la implementación de buenas prácticas para el uso y manejo sostenible de los suelos*.

A continuación se presentan las diferentes actividades a desarrollar durante esta fase:

2.1.1. Identificar la situación problemática en la gestión sostenible de los suelos.

Para identificar la situación problemática, se sugiere tener en cuenta varios escenarios en los que previamente se hayan registrado algunas situaciones de degradación y/o aplicación de prácticas insostenibles en la gestión del suelo. Para esto se propone desarrollar las siguientes sub-actividades:

• Escuchar y/o revisar quejas de la comunidad.

Se sugiere realizar una recopilación de las peticiones o quejas de la comunidad, relacionadas con posibles amenazas a la conservación del suelo, o con la pérdida de los servicios ecosistémicos asociados, a partir de las cuales se puedan ir priorizando objetivos y áreas de intervención.

Algunos ejemplos muy generales de este tipo de problemáticas que pueden ser relevantes para la comunidad son:

- Disminución de la productividad agrícola y ganadera.
- Disminución en la producción o cuerpos de agua.
- Contaminación de los cuerpos de agua.
- Riesgos asociados a los deslizamientos de suelos.
- Reducción organismos indicadores del suelo (Ejemplo: lombrices).
- Disminución de la materia orgánica (Ejemplo: suelos de color claro).
- Dificultades para la conservación del suelo en zonas pertenecientes a áreas protegidas o ecosistemas estratégicos por conservar.
- Contaminación del suelo.

• Verificar las necesidades del plan de trabajo del grupo formulador.

Dado el caso, se requiere verificar el plan de acción de la(s) entidad(es) del grupo formulador. Este es un aspecto importante, ya que en diversas ocasiones estos planes incluirían sus objetivos o asignaciones presupuestales, líneas de acción o estrategias relacionadas con la gestión sostenible de los suelos o con la intervención en determinadas zonas. Esto se convierte en otro insumo importante para la delimitación de áreas y objetivos de intervención.

Adicionalmente, se pueden revisar los planes de acción y programas nacionales o regionales relacionados con el manejo sostenible del suelo, como por ejemplo:

- Plan de Acción Regional de Lucha Contra la Desertificación.
- Programas de conservación y uso sostenible de los suelos.
- Programas de acción para la recuperación de suelos.
- Plan de Gestión Ambiental.
- Planes de manejo de áreas protegidas.
- **Reconocer las problemáticas por experiencia propia: identificar prácticas no sostenibles en el manejo de los suelos.**

Es importante reconocer a partir de experiencias propias, si existen problemas reportados, relacionados con la aplicación de prácticas no sostenibles en el manejo de los suelos y/o pérdida de servicios ecosistémicos de los mismos.

Esta información puede obtenerse mediante trabajo en campo, reuniones con la comunidad, contacto con gremios de agricultores, mesas de trabajo interinstitucionales, entre otros, las cuales permitan reconocer problemáticas asociadas al manejo sostenible de los suelos.

Algunos ejemplos generales de prácticas no sostenibles de los suelos que pueden estar generando pérdida de los servicios ecosistémicos son:

- Uso inadecuado del suelo con relación a su vocación de uso.
- Excesiva o inadecuada mecanización agrícola.
- Uso excesivo de fertilizantes y plaguicidas de síntesis.
- Quemados y tala de bosques.
- Excesiva utilización de recursos hídricos y destrucción de microclimas.
- Presencia de monocultivos.
- Sobrepastoreo.
- Sobreutilización de suelos que se encuentran en áreas protegidas o bajo diferentes figuras de conservación.

2.1.2. Documentar la situación problemática.

Posterior a la identificación de las situaciones problemáticas en gestión sostenible de los suelos, es importante complementar la información obtenida mediante la documentación de la situación, a partir de la información secundaria disponible.

Para esto, se pueden llevar a cabo las siguientes sub-actividades:

- **Revisar la información cartográfica oficial (mapas de uso, vocación, conflictos, degradación, ecosistemas estratégicos).**

Es recomendable realizar una recopilación de información cartográfica acerca de la posible área de intervención, haciendo uso de plataformas oficiales y relacionadas con:

- Coberturas de la tierra.
- Vocación de uso del suelo.
- Conflictos de uso del suelo.
- Degradación de suelos por erosión.
- Ecosistemas estratégicos y traslape con áreas protegidas.

A continuación, se proporcionan ejemplos de las fuentes de consulta oficiales como soporte para la documentación de la situación problemática:

- *** Portal de suelos del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC):**

En este portal es posible consultar:

- Mapa de coberturas de la tierra, con el objetivo de identificar los usos actuales de los suelos en la posible área de intervención.
- Mapa de vocación de uso de los suelos, para visualizar los principales usos recomendados en la posible área de intervención.
- Mapa de conflictos de uso del suelo en la posible área de intervención, donde la cobertura vegetal observada no corresponde con la vocación de uso del suelo. Es pertinente observar si existe una correlación entre el conflicto de uso del suelo y la degradación del suelo por erosión.

URL: http://geoportal.igac.gov.co:8888/siga_sig/Agrologia.seam

- Portal del Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC): En este portal se podrán identificar los grados de erosión de los suelos que enmarcan el área a intervenir, en los cuales se podrán realizar actividades para revertir el proceso de degradación del suelo.

URL: <http://181.225.72.78/Portal-SIAC-eb/faces/Dashboard/Suelo/suelo.xhtml>

- Información cartográfica del mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos en el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM) en el cual se podrá ubicar los ecosistemas estratégicos (Ejemplo: páramos, lagos, ríos, lagunas, esteros, humedales, etc.) presentes en el área de intervención.

URL: <http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/mapa-ecosistemas-continentales-costeros-marinos>

• Analizar y sistematizar la información. Elaborar un documento de síntesis.

Es de gran utilidad realizar una sistematización y documentación de la información recopilada. De ser posible, se sugiere hacer uso de las herramientas de los Sistemas de Información Geográficos (SIG) y de análisis estadísticos descriptivos (área en hectáreas, porcentajes, gráficas) del uso actual, vocación y áreas con conflictos de uso del suelo, degradación de suelos por erosión, prácticas no sostenibles y posibles ecosistemas estratégicos y áreas protegidas afectadas en la zona a intervenir.

El documento elaborado que contiene la información sistematizada podrá servir como base de socialización y verificación con actores institucionales relacionados con la posible área de intervención.

Cabe anotar que en el caso de que el principal problema identificado esté relacionado con un conflicto entre vocación y uso actual del suelo, las prácticas para el manejo sostenible de éste recurso aportarán algún tipo de respuesta a su conservación del mismo, sin embargo, no solucionarán de fondo el conflicto existente sobre su uso. Para proyectar un cambio de uso del suelo se deberán implementar otro tipo de herramientas, relacionadas con la planificación y ordenamiento integral del territorio, correspondientes a la formulación y ejecución de los Planes de Ordenamiento Territorial, lo cual supera el alcance de la presente guía.

Para comprender de manera más específica las vocaciones de uso del suelo a escala de departamento, es posible consultar el Anexo 1, que relaciona los criterios generales definidos por el IGAC.

2.1.3. Consultar a actores relevantes del ámbito institucional y comunitario.

Una vez identificada y documentada de manera preliminar la situación problemática, es recomendable realizar consultas a los actores relevantes que estén vinculados con el área de intervención y cuenten con información significativa en materia de la gestión sostenible del suelo.

Con esta consulta se busca obtener mayores insumos que permitan, por un lado corroborar la información previamente obtenida, y de otro aportar a la delimitación del área y los objetivos de intervención.

Para esto, se pueden realizar mesas de trabajo y entrevistas semi-estructuradas, las cuales se describen a continuación:

• Desarrollar mesas de trabajo para priorización de problemáticas en la gestión sostenible de los suelos.

CONSTRUCCIÓN PARTICIPATIVA

Caracterizar la problemática de los suelos y contextualizar las condiciones sociales y culturales



Ilustración 8. Mesa de trabajo con funcionarias y funcionarios

Se podrán realizar una o varias mesas trabajo de acuerdo con el número de mujeres y hombres convocados, con el objetivo de identificar y priorizar problemáticas relacionadas con la gestión sostenible de los suelos, a fin de ir delimitando cada vez más el área y los objetivos de intervención.

A continuación se presenta una metodología para la priorización participativa de problemáticas asociadas a la gestión sostenible de los suelos, la cual se podrá adaptar según las circunstancias específicas de cada caso (**Tabla 7**).

Para realizar este ejercicio, es fundamental el conocimiento y manejo de información previa sobre el área de intervención. De igual manera, es importante tener presente en todo momento el objetivo definido para dicha actividad.

TABLA 7 PRIORIZACIÓN DE PROBLEMÁTICAS PARA LA GESTIÓN SOSTENIBLE DE LOS SUELOS

MESA DE TRABAJO: PRIORIZACIÓN DE PROBLEMÁTICAS PARA LA GESTIÓN SOSTENIBLE DE LOS SUELOS

Objetivos específicos:

- Identificar problemáticas en la gestión sostenible de los suelos a fin de plantear objetivos de intervención.
- Obtener insumos para delimitar el área de intervención.

GUÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN

Actores a convocar: actores institucionales y comunitarios que se consideren relevantes para priorizar problemáticas y áreas relacionadas con la gestión sostenible de los suelos.

Número de participantes: veinte personas (como máximo).

Duración: cuatro horas

Materiales necesarios:

- Tableros
- Marcadores borrables
- Fichas bibliográficas
- Cinta de enmascarar
- Mapa de degradación de suelos por erosión del área a intervenir
- Mapa de conflictos de uso del suelo del área a intervenir

Equipos audiovisuales:

- Computador
- Video Beam
- Cámara fotográfica
- Video grabadora (opcional)

DESARROLLO

- Dar la bienvenida a la mesa de trabajo explicando el objetivo de la misma y dando el espacio para que cada uno de los participantes invitados, mujeres y hombres se presenten.
- Realizar un inventario de las situaciones y áreas consideradas como problema para la gestión sostenible del suelo, a partir de lluvia de ideas con fichas bibliográficas. Complementar esta información y su análisis con aquellos insumos compilados en las sub-actividades anteriores.
- Pegar cada ficha en un panel o tablero de tal forma que todos los asistentes la puedan visualizar.
- Identificar en los mapas de degradación y conflictos de uso de suelos las áreas con posibilidades de intervención.
- Organizar jerárquicamente las situaciones y áreas problemáticas, según su importancia y prioridad de intervención a partir de la participación y consenso con los asistentes. Puede utilizar la matriz de criterios para priorización de problemáticas en gestión sostenible de los suelos que se presenta más adelante.
- Retomar las conclusiones de la mesa definiendo los aportes en cuanto a área y objetivos preliminares de intervención.

Observaciones especiales: es de vital importancia que el grupo formulador tenga en cuenta el factor económico y las posibilidades de financiación al momento de priorizar las situaciones problemáticas.

Adicionalmente, se sugiere utilizar la siguiente matriz (**Tabla 8**) que contiene criterios para la priorización de problemáticas en gestión sostenible de los suelos y que puede ser usada para ponderar cada una de las problemáticas evidenciadas en la mesa de trabajo presentada anteriormente:

TABLA 8 MATRIZ DE CRITERIOS PARA LA PRIORIZACIÓN DE PROBLEMÁTICAS EN GESTIÓN SOSTENIBLE DE LOS SUELOS DIRIGIDA A ACTORES RELEVANTES

MATRIZ DE CRITERIOS PARA LA PRIORIZACIÓN DE PROBLEMÁTICAS EN GESTIÓN SOSTENIBLE DE LOS SUELOS DIRIGIDA A ACTORES RELEVANTES			
CRITERIO	ESCALA		
¿Qué tanto daño causa el problema del suelo en la producción de alimentos? ¿Cuál es la magnitud de las consecuencias que genera este problema?	Gravedad	1	Consecuencias leves / productividad.
		2	Consecuencias moderadas / productividad.
		3	Consecuencias graves / productividad.
¿Qué tanto daño causa el problema del suelo en el recurso hídrico? ¿Cuál es la magnitud de las consecuencias que genera este problema?	Gravedad	1	Consecuencias leves / agua.
		2	Consecuencias moderadas / agua.
		3	Consecuencias graves / agua.
¿Qué tanto daño causa el problema del suelo en la protección ambiental (biodiversidad, bosques, cambio climático)? ¿Cuál es la magnitud de las consecuencias que genera este problema?	Gravedad	1	Consecuencias leves / medio ambiente.
		2	Consecuencias moderadas / medio ambiente.
		3	Consecuencias graves / medio ambiente.
¿Qué tan frecuente es el problema en la comunidad afectada?	Frecuencia	1	La situación analizada es poco frecuente.
		2	La situación analizada es frecuente.
		3	La situación analizada es muy frecuente.
¿Cómo ha sido el comportamiento en el tiempo?	Tendencia	1	El problema tiende a disminuir.
		2	El problema ha sido estable en los últimos años.
		3	El problema muestra ligera tendencia al aumento.
		4	El problema muestra un crecimiento marcado.
¿Cuál es el interés de los actores involucrados en el problema y su solución? Voluntad de participación ¹	Valoración social	1	Los actores involucrados no muestran interés en el problema ni en la solución.
		2	Los actores involucrados muestran poco interés en el problema o en la solución.
		3	Los actores involucrados suelen incluir este problema entre sus principales intereses.
		4	Los actores involucrados se muestran especialmente interesados en el problema y en la solución.



¿Qué tan susceptible es éste problema de ser solucionado a partir de un plan de intervención de buenas prácticas para la gestión sostenible de los suelos?	Viabilidad	1	No hay nada o muy poco que hacer para solucionar el problema.
		2	Es susceptible a transformaciones parciales a partir de un plan de intervención.
		3	Es susceptible a transformaciones positivas a partir de un plan de intervención.

- Realizar entrevistas semi-estructuradas para la priorización de la problemática.

Con el objetivo de complementar la información requerida para delimitar el área y el objetivo preliminar de intervención, en materia de gestión sostenible de los suelos, se sugiere realizar entrevistas semi-estructuradas con actores relevantes que puedan proporcionar información adicional a la obtenida en la mesa de trabajo o que no hayan podido asistir a la misma.

Para esto se presenta a continuación **(Tabla 9)** un modelo de entrevistas a desarrollar a partir de preguntas claves, las cuales se podrán adaptar según las condiciones específicas.

Se pretende con estas entrevistas tener un diálogo fluido y espontáneo acerca de las problemáticas que se presentan en el área, sin perder de vista el objetivo previamente señalado.

PRIORIZAR PROBLEMÁTICAS

¿QUÉ TANTO DAÑO CAUSA EL PROBLEMA DEL SUELO EN LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS? ¿EN EL RECURSO HÍDRICO? ¿EN LA BIODIVERSIDAD, BOSQUES Y CAMBIO CLIMÁTICO? ¿EN LA COMUNIDAD?

1 En este ítem presentar una mayor voluntad de participación por parte de los actores involucrados genera un mayor puntaje para priorizar la problemática y la implementación de planes de intervención. Es necesario aclarar que si bien una falta de interés de participación de los actores hace que la problemática del suelo sea aún más grave, consideramos prioritario que la comunidad cuente con la voluntad e iniciativa para participar en la solución del problema, esto como un indicador de mayores posibilidades de éxito en el futuro a la hora de implementar el plan de intervención con respecto a aquellos casos en los que no existe el interés por solucionar la problemática. Es por esta razón que se asigna una mayor calificación de priorización en aquellos casos en los que los actores tienen mayor voluntad de participación.

Tabla 9 ENTREVISTAS SEMI-ESTRUCTURADAS PARA PRIORIZACIÓN DE PROBLEMÁTICAS EN GESTIÓN SOSTENIBLE DE LOS SUELOS

ENTREVISTAS SEMI-ESTRUCTURADAS PARA PRIORIZACIÓN DE PROBLEMÁTICAS EN GESTIÓN SOSTENIBLE DE LOS SUELOS

Objetivos específicos:

- Identificar los objetivos de intervención.
- Obtener insumos para la delimitación del área.

Actores a convocar: actores institucionales y comunitarios que se consideren relevantes para priorizar problemáticas relacionadas con la gestión sostenible de los suelos.

Duración: una hora

Número de participantes: una o máximo dos personas por entrevista

Materiales necesarios:

- Libreta y bolígrafo para toma de apuntes.
- Grabadora o video grabadora (opcional).

DESARROLLO

- Presentar la importancia de la conservación de los suelos en la jurisdicción o en el área con posibilidad de intervención.
- Presentar muy brevemente los problemas identificados y la información secundaria recopilada.
- Escuchar al funcionario sobre su visión de las principales problemáticas, las causas y las consecuencias de estas sobre el área preliminar de intervención.
- Preguntar al interlocutor su concepto sobre el área de intervención preliminarmente definida.
- Preguntar al interlocutor su concepto sobre los objetivos de intervención preliminarmente definidos.
- Retomar los elementos de la entrevista definiendo los aportes en cuanto a área y objetivos preliminares de intervención.

Posterior a la realización de las mesas de trabajo y las entrevistas semiestructuradas, se podrá continuar con el proceso de sistematización y documentación de la información obtenida.

2.1.4. Verificar la disponibilidad de recursos económicos para financiar la posible intervención

Un aspecto fundamental para la puesta en marcha de planes de intervención en gestión sostenible de los suelos, es verificar la disponibilidad de recursos para financiar una posible intervención. Esta información determinará la viabilidad del plan de intervención y será un punto decisorio para poder continuar con las demás etapas.

De otro lado, se sugiere tener en cuenta los aspectos económicos y financieros que garanticen la ejecución del proyecto, mediante la construcción de propuestas que se consideren viables técnica y financieramente.

A continuación se presentan dos posibles escenarios en los cuales se puede realizar la búsqueda de la financiación: fuentes de financiación internas y fuentes de financiación externas.

- Revisar fuentes de financiación internas.

GUÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN

Para la identificación de las posibles fuentes internas de financiación, es recomendable recopilar la siguiente información:

- Techos presupuestales de la entidad.
- Inversiones previstas por la entidad para el tema de planes de manejo sostenible de los suelos previstos en el Plan de Acción del grupo formulador y dentro del Plan Nacional de Desarrollo.
- Proyectos de la entidad que pueden estar relacionados con el tema de suelos como gestión de riesgos, restauración de suelos degradados, reforestación, manejo de cuencas hidrográficas, entre otros.
- Proyectos productivos realizados y su incidencia en el manejo sostenible del suelo.
- Revisar fuentes de financiación externas.

Entre las diferentes fuentes de financiación externas se encuentran:

- Fondos de financiación ambiental: proporcionan apoyo técnico y financiero frente a problemáticas ambientales y sociales en temas relacionados con el desarrollo sostenible, conservación de los recursos naturales, cambio climático, entre otros. Estos fondos puede financiar total o parcialmente este tipo de proyectos.

- Fondo de promoción turística (FONTUR): este fondo está dirigido a los prestadores de servicios turísticos para financiar proyectos de competitividad, promoción y mercadeo con el fin de incrementar el turismo interno. Una forma de aplicar a estos recursos es establecer fincas modelo ecoturísticas que permitan socializar las buenas prácticas de conservación de suelos y generar beneficios en la comunidad. Fuente: <http://fontur.com.co/>

- Fondo Nacional Ambiental (FONAM): es un fondo adscrito a –Minambiente. El fondo cuenta con dos líneas de financiación, por demanda de proyectos de inversión ambiental y recaudo, y ejecución de inversión con destinación específica. El fondo financia proyectos, planes, programas y actividades en materia de recursos naturales renovables y del medio ambiente, entre los que se encuentra el suelo. Fuente:

<https://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article?id=43:plantilla-areas-finanzas-y-presupuesto>

- Fondo de Compensación Ambiental: es un instrumento financiero de redistribución de recursos entre Corporaciones, con beneficio para aquellas que cuentan con menores posibilidades de generación de ingresos, incluyendo a las Corporaciones de Desarrollo Sostenible. El fondo es adscrito al Minambiente. Fuente:

<https://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article?id=346:plantilla-areas-planeacion-y-seguimiento-16>

- Oficina de negocios verdes (Minambiente): contempla actividades económicas entre las que se ofertan bienes o servicios que incorporen buenas prácticas ambientales, sociales y económicas, que contribuyan a la conservación del ambiente y que soporten el desarrollo del territorio (ONVS, 2014). Puede aportar información relacionada con PSA (COMPES en elaboración). Fuente: <https://www.>

minambiente.gov.co/index.php/component/content/article?id=1381:plantilla-negocios-verdes-y-sostenibles-38

- Pagos por servicios ambientales (PSA): es una transacción voluntaria; correspondiente a un servicio ambiental bien definido o un uso de la tierra que asegure la provisión de ese servicio; el cual debe ser “adquirido” por al menos un comprador; y debe tener por lo menos un proveedor que cumpla con los términos del contrato (Wunder, 2005). Para acceder a los PSA se debe asegurar la provisión de un servicio ecosistémico, como por ejemplo captura de carbono, conservación de la biodiversidad o protección de cuencas hidrográficas.

- Incentivos de financiación relacionados con la sostenibilidad ambiental de los sistemas productivos: apoyan proyectos de sostenibilidad agropecuaria que tengan beneficios ambientales y sociales. Entre los tipos de incentivos se encuentran:

- Incentivo a la Capitalización Rural (ICR): este incentivo puede financiar proyectos que mejoren la competitividad de la producción agropecuaria con beneficios ambientales y sociales. Fuente:

<https://www.minagricultura.gov.co/tramites-servicios/credito-agropecuaria/Paginas/Incentivo-a-la-Capitalizacion-Rural-Programa-DRE-v2.aspx>

- Incentivo de Asistencia Técnica (IAT): este incentivo presta asistencia técnica para el mejoramiento de la competitividad y productividad agropecuaria de pequeños y medianos productores, como también la tecnificación y optimización de procesos agrícolas. Fuente:

<https://www.finagro.com.co/productos-y-servicios/incentivos>

- Mecanismos de financiación internacionales: existen diferentes mecanismos de financiación internacionales que apoyan la recuperación de suelos con procesos de degradación, para acceder a estos recursos es importante contar con alianzas por parte de una agencia designada por el gobierno nacional (Ej. FAO, PNUD, entre otros). Entre estos mecanismos se encuentran los siguientes:

- Global Environment Facility – GEF: financia proyectos en la mayoría de países del mundo y tiene una línea específica para contribuir a la reducción de la degradación de suelos (como erosión, compactación y desertificación) e incentiva su uso sostenible. El Ministerio de Relaciones Exteriores es el encargado de orientar el acceso a este tipo de recursos internacionales.

Fuente: <https://www.thegef.org/gef/>

- Mecanismo Mundial de la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (UNCCD): el mecanismo mundial de la UNCCD ofrece asesoramiento financiero internacional, para impulsar la reducción de la pobreza, a través del Minambiente o el Ministerio de Relaciones Exteriores. Fuente: <http://www.global-mechanism.org/>

- Banco Mundial: financia proyectos relacionados con la reducción de la pobreza extrema y promueve la prosperidad compartida a través del Minambiente o el Ministerio de Relaciones Exteriores.

Fuente: <http://www.bancomundial.org/es/about/what-we-do/brief/ibrd>

- Fondo Verde para el Clima: financia proyectos relacionados con la mitigación y adaptación al cambio climático para países en vía de desarrollo, de acuerdo con la Convención Marco de Naciones

Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC). Para acceder a estos recursos se puede consultar a través del Departamento Nacional de Planeación (DNP).

Fuente: http://unfccc.int/portal_espanol/newsletter/items/6806.php

- Otras fuentes de financiación locales: otras fuentes de financiación a consultar pueden ser las instituciones de gobierno y las instancias de participación del ámbito local, tales como las Alcaldías Municipales, las Juntas de Acción Comunal y otras organizaciones de tipo regional y local que puedan contar con recursos financieros y objetivos de gestión afines con la gestión sostenible de los suelos.

2.1.5. Delimitar de manera preliminar el área, objetivos y voluntad de participación en el plan de intervención.

Una vez realizada la priorización de problemáticas asociadas a la gestión sostenible de los suelos y verificadas las fuentes de financiación para la viabilidad económica de la intervención, se puede proceder a realizar dos sub-actividades muy importantes: i) delimitar el área y objetivos de intervención, ii) consultar con las comunidades involucradas a fin de determinar su voluntad de participación en el plan de intervención.

- Delimitar de manera preliminar el área y los objetivos de intervención.

Es recomendable sintetizar la información recopilada teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Descripción de las situaciones problemáticas identificadas: causas, efectos y prioridad.
- Lista de actores identificados para participar en el plan de intervención.
- Área posible de intervención para implementar las prácticas de manejo sostenible de los suelos.
- Objetivos identificados para el plan de intervención (problemáticas por resolver).
- Consultar con la comunidad implicada la voluntad de participar en el plan de intervención.

Una vez delimitados el área y los objetivos del plan de intervención, se sugiere consultar con las comunidades involucradas la voluntad de participar en la formulación, implementación y seguimiento del plan de intervención para la gestión sostenible de los suelos en la zona. Este proceso se podrá realizar mediante reuniones o encuentros con la comunidad como se ilustra en la siguiente ficha, en la cual se podrá socializar el área y el objetivo de la intervención (**Tabla 10**). En este proceso se deberá explicar a la comunidad las fases restantes para el desarrollo del proceso, como son: diagnóstico, planificación, implementación y seguimiento.

Una vez se planteada la voluntad de participación por parte de la comunidad en el plan de intervención, se puede considerar que se encuentran establecidos, de manera preliminar, el área y el objetivo de intervención, los cuales serán posteriormente precisados y detallados en la *fase de diagnóstico*.

Tabla 10 REUNIÓN DE CONSULTA ACERCA DE LA VOLUNTAD DE PARTICIPACIÓN DE LA COMUNIDAD EN EL PLAN DE INTERVENCIÓN

REUNIÓN DE CONSULTA ACERCA DE LA VOLUNTAD DE PARTICIPACIÓN DE LA COMUNIDAD EN EL PLAN DE INTERVENCIÓN

Objetivos específicos:

- Consultar con la comunidad la voluntad de participar en la construcción e implementación del *Plan de intervención*.

Actores a convocar: actores comunitarios del área delimitada que se consideren relevantes para la construcción e implementación del *Plan de intervención*.

Duración: dos a tres horas

Número de participantes: veinte a treinta personas (máximo)

Materiales necesarios:

- Libreta y bolígrafo para toma de apuntes
- Video-beam
- Grabadora o video grabadora (opcional)

DESARROLLO

- Dar la bienvenida a la actividad explicando el objetivo de la misma y dando el espacio para que cada uno de los participantes invitados, hombres y mujeres se presenten.
- Presentar la importancia de la conservación de los suelos en la jurisdicción o en el área con posibilidad de intervención.
- Presentar muy brevemente los problemas identificados y la información sistematizada hasta el momento.
- Presentar los objetivos y áreas preliminares de intervención
- Explicar el proceso a desarrollarse posteriormente (*Fase de diagnóstico, Fase Planificación y Fase de Implementación y Seguimiento*).
- Ceder la palabra a los miembros de la comunidad preguntado acerca de la voluntad para participar en el proceso construcción e implementación del *Plan de Intervención*.
- Concluir la reunión identificando si existe o no voluntad por parte de la comunidad para participar en el proceso del *Plan de Intervención*. Es importante reconocer el grado de iniciativa, disposición e interés que se presenta en la comunidad para la ejecución de las diferentes fases del *Plan de Intervención*, este será un elemento decisivo para el éxito del proceso.

2.2. FASE DE DIAGNÓSTICO

El objetivo de esta fase es caracterizar la problemática de los suelos y de las prácticas de manejo no sostenible de los mismos en el área de intervención, de tal manera que se logre identificar cuáles son sus efectos sobre el suelo y así mismo contextualizar las condiciones sociales y culturales en las cuales se desarrollan dichas prácticas.

Es importante que esta fase se desarrolle de manera concertada con las mujeres y hombres de la comunidad, con el fin de obtener insumos biofísicos y socioculturales que permitan establecer los objetivos del *Plan de intervención* para la implementación de buenas prácticas para el uso y *manejo sostenible de los suelos*. Se recomienda llevar a cabo las siguientes actividades:

2.2.1. Realizar un análisis de las problemáticas del suelo y de las prácticas de manejo no sostenibles en el área de intervención

Para realizar el análisis biofísico del área de intervención y el reconocimiento de las problemáticas y prácticas no sostenibles de manejo del suelo, es recomendable documentar la situación a partir de información secundaria, recorridos en campo y talleres de construcción colectiva como se presenta a continuación en las siguientes sub-actividades:

- Realizar la documentación biofísica del área a intervenir.

En esta etapa se sugiere complementar los datos recopilados durante la Fase de identificación, con el fin de encontrar las problemáticas y prácticas no sostenibles que están afectando al suelo y dar un mayor detalle de las condiciones biofísicas del área específica a intervenir.

En adelante, se requiere obtener un grado superior de detalle en la información de los suelos, a partir de fuentes locales. Se puede consultar por ejemplo el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) o Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT), los Planes de Ordenamiento y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCAS), los planes de acción departamentales o los estudios detallados de suelos (escalas 1:25.000 o 1: 10.000) y Planes de Manejo de las áreas protegidas.

El resultado esperado en esta etapa de documentación es obtener un análisis más detallado del estado de los suelos, que permita una mayor precisión en el momento de delimitar la zona de intervención.

- Realizar un recorrido por el área de intervención con actores comunitarios claves.

En esta actividad se busca realizar un reconocimiento de las problemáticas y prácticas de manejo no sostenibles de los suelos a partir del recorrido e información proporcionada por actores clave de la comunidad. Es importante tener presente que al tiempo que se obtiene información sobre dichas prácticas, se entra en contacto con la comunidad y se intercambian los datos biofísicos identificados.

A continuación (**Tabla 11**), se presentan algunos aspectos metodológicos a tener en cuenta para la realización de los recorridos por el área de intervención con actores comunitarios claves:

TABLA 11 RECORRIDO POR EL ÁREA DE INTERVENCIÓN CON ACTORES COMUNITARIOS CLAVES

RECORRIDO POR EL ÁREA DE INTERVENCIÓN CON ACTORES COMUNITARIOS CLAVES

Objetivos específicos:

- Identificar las prácticas no sostenibles de los suelos en el área de intervención.
- Comprender el contexto biofísico del área a intervenir.

Actores a convocar: mujeres y hombres de la comunidad que sean relevantes para el plan de intervención.

Duración: según el recorrido tres horas aproximadamente.

Número de participantes: dos a cinco personas aproximadamente.

Materiales necesarios: • Libreta de anotaciones • Esfero • Mapa de degradación de suelos por erosión del área a intervenir • Mapa de vocación de uso del suelo • Mapa de conflictos de uso del suelo del área a intervenir	Equipos: • Grabadora de voz • Cámara fotográfica • GPS • Videgrabadora (opcional)
DESARROLLO • Convocar el grupo de participantes (dos a cinco) y explique el ejercicio al grupo. • Concertar el mejor recorrido a través de la zona: no tiene que ser en línea recta, pero si se sugiere que incluya terrenos afectados o zonas donde se presenten prácticas no sostenibles relacionadas con la problemática identificada. • Tomar nota durante el recorrido de las principales características en cuanto a prácticas sostenibles y no sostenibles del manejo del suelo identificadas en la zona. • Registrar mediante fotografías y georreferenciar con ayuda del GPS los sitios y problemáticas identificadas. • Es importante tomar el tiempo para detenerse y observar los mapas de erosión, vocación y conflictos de uso, ubicar los lugares observados y analizar sus características biofísicas. • De ser posible se sugiere llevar a cabo las prácticas de evaluación cualitativa presentadas en el numeral 3.1. • Representar de manera participativa la información obtenida durante recorrido sobre un diagrama o sobre los mapas de la zona que previamente han sido impresos. Esto puede hacerse durante o después del recorrido, dependiendo de la complejidad.	

Se sugiere que durante el recorrido se recopilen simultáneamente aspectos claves relacionados con las condiciones socio-culturales de la zona de intervención. Entre los aspectos relevantes a observar y conversar al momento de realizar el recorrido se encuentran: la tasa de empleo y desempleo, condiciones laborales, ingresos, condiciones de tenencia de la tierra, acceso a servicios públicos, presencia y calidad de establecimientos para la prestación de servicios de salud y educación, equidad de género, necesidades básicas insatisfechas, atención a emergencias, entre otros.

• Recopilar información sobre las problemáticas del suelo y las prácticas de manejo no sostenibles.

A continuación se presentan diferentes metodologías para la recopilación de información sobre prácticas no sostenibles de los suelos. Es recomendable aplicar al menos una de las tres siguientes herramientas. En los casos en que se pueda, se sugiere desarrollar las tres o hacer una combinación de las mismas.

Opción 1: calendario agrícola para identificación de problemáticas y prácticas no sostenibles de manejo del suelo.

El calendario agrícola tiene como objetivo la representación gráfica por parte de las mujeres y hombres de la comunidad, de las actividades de producción y de las prácticas no sostenibles del suelo a lo largo del tiempo en el área de intervención.

GUÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN

Objetivo específico: identificar de manera participativa las problemáticas y las prácticas no sostenibles de manejo del suelo en el área de intervención.

Actores a convocar: mujeres y hombres de la comunidad que sean relevantes para la implementación del plan de intervención

Duración: cuatro horas

Número de participantes: treinta personas (máximo)

Desarrollo:

- Dar la bienvenida a la actividad explicando el objetivo de la misma y dando el espacio para que cada uno de los participantes invitados, hombres y mujeres se presenten.
- Presentar a los participantes una introducción sobre qué son y cuáles son las prácticas de manejo no sostenibles de los suelos.
- Organizar a los participantes en tres grupos de tal manera que los integrantes de un mismo grupo tengan sus predios cercanos.
- Proporcionar los materiales de trabajo a cada grupo.
- Nombrar en cada grupo de trabajo un moderador que haga las veces de coordinador y relator.
- Solicitar a los grupos que describan los sistemas productivos (cultivos, frecuencia, preparación del suelo, labores mecánicas, manejo de plagas, fertilización, irrigación, manejo pos-cosecha) presentes en la zona en tres momentos diferentes: i) Hace 20 años, ii) Hace 10 años iii) Actualmente.
- Orientar a los grupos para que identifiquen las problemáticas y prácticas no sostenibles de manejo de los suelos en cada uno de los tres momentos.
- Realizar la socialización de las conclusiones de cada grupo y promover la discusión acerca de cuáles son las principales problemáticas y prácticas no sostenibles en el manejo de los suelos en la zona.

**MUJERES
Y HOMBRES**
Analizando las problemáticas del suelo
y las prácticas de manejo no sostenibles

Opción 2: fotografía participativa para identificación de problemáticas y prácticas no sostenibles del manejo de los suelos-



Ilustración 9. Taller de fotografía participativa

La fotografía participativa es una metodología didáctica que busca que los participantes asuman un rol activo en la reflexión y acción, en torno a una temática específica, utilizando la fotografía como herramienta a través de la cual se generan estos procesos.

Para implementar la fotografía participativa, se sugiere preparar un recorrido en campo con actores clave de la comunidad, donde estos puedan crear sus propias imágenes, con el propósito de revelar la manera en que comprenden las buenas y malas prácticas de manejo sostenible de los suelos en el área preliminar de intervención.

Objetivo: identificar las problemáticas y prácticas de manejo no sostenible del suelo en el área de intervención.

Actores a convocar: mujeres y hombres de la comunidad que sean relevantes para la implementación del plan de intervención.

Duración: tres horas

Número de participantes: veinte personas (aproximadamente)

Material necesario: cámaras fotográficas

Desarrollo:

- Dar la bienvenida a la actividad explicando el objetivo de la misma y dando el espacio para que cada uno de los participantes invitados, hombres y mujeres, se presenten.
- Presentar a los participantes una introducción sobre qué son y cuáles son las prácticas de manejo no sostenibles de los suelos.
- Entregar una cámara por cada una o dos personas participantes de la actividad. Las cámaras de los equipos de telefonía móvil (celulares) también pueden ser usados para el desarrollo de la actividad.
- Solicitar a los participantes tomar fotografías que permitan identificar problemáticas y prácticas de manejo no sostenibles del suelo dentro del tiempo destinado para la actividad.
- Descargar al computador las fotografías realizadas.
- Pedir a cada grupo que presente sus fotografías (vídeo beam) ,explicando el por qué se considera que es una práctica de manejo no sostenible del suelo. Promover la discusión al respecto.

Al finalizar la actividad de fotografía participativa se sugiere sistematizar la información con las respectivas imágenes de soporte.

Opción 3: videos experienciales para identificación de problemáticas y prácticas de manejo sostenible de los suelos.

Esta herramienta proporciona una oportunidad de crear espacios vivenciales que permitan sensibilizar sobre la importancia de implementación de buenas prácticas de manejo sostenible de los suelos, para la conservación de los mismos.

Se pueden utilizar los videos experienciales en talleres de construcción colectiva y combinarlos con diferentes metodologías participativas. Para esto se sugiere seleccionar videos experienciales que ilustren sobre las prácticas no sostenibles en el manejo de los suelos.

A continuación se presentan algunos enlaces de videos provenientes de proyectos relacionados con la gestión sostenible de los suelos en Colombia y varios países de América Latina:

•Proyecto CIAT – MADR

URL: https://www.youtube.com/watch?v=5_BgooveTdY

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=Fr-5Q44Dwcs>

• CIPAV

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=3h7PJaonxbl>

• ISPA – FAO – MADR

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=8yMgz7a91-k>

• Las Ceibas – FAO – Manejo sostenible de cuencas hidrográficas

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=NXD2VTGObkE>

• Proyecto Checua – PROCAS – CAR

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=JmFGeppWVHM>

• Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=2Y6AND7yNII>

- **Proyecto COUSSA – México**

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=RaBpDzfN3SM>

- **Proyecto NAMA café de Costa Rica**

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=XKbmiuTRi84>

- **El suelo nuestro aliado contra el cambio climático**

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=jiULQ0hbsEE>

- **Hablemos de los suelos**

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=invUp0SX49g>

- **Producción del algodón y desafíos con recursos naturales**

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=toCVfSXN0So>

- **Plataforma- Red WOCAT**

URL: <https://www.wocat.net/en/knowledge-base/slm-videos>

Objetivo específico: identificar mediante videos experienciales las problemáticas y prácticas de manejo no sostenible de los suelos en el área de intervención.

Actores a convocar: mujeres y hombres de la comunidad que sean relevantes para la implementación del plan de intervención.

Duración: tres horas.

Número de participantes: veinte personas (aproximadamente).

Desarrollo:

- Dar la bienvenida a la actividad explicando el objetivo de la misma y dando el espacio para que cada uno de los participantes invitados, hombres y mujeres, se presenten.
- Presentar a los participantes una introducción sobre qué son y cuáles son las prácticas de manejo no sostenibles de los suelos.
- Presentar los videos experienciales a los asistentes e invitarlos a que presenten sus opiniones.
- Promover la discusión sobre los videos enfocándola hacia las ventajas y desventajas de las buenas prácticas de manejo sostenible de los suelos.
- Generar la discusión y construir conclusiones acerca de cuáles son las principales prácticas de manejo no sostenibles de los suelos presentados en la zona.
- Identificar los servicios ecosistémicos del área de intervención diligenciando la matriz diseñada.

El objetivo principal de esta actividad es apreciar cuáles de los servicios ecosistémicos están siendo afectados por las condiciones de degradación de los suelos, ya sean estos suelos agrícolas, ganaderos o suelos bajo alguna figura de conservación como las áreas protegidas.

En la **Tabla 12** se presenta una matriz con los diferentes tipos de servicios ecosistémicos (abastecimiento, servicios de regulación, servicios de soporte y servicios culturales) asociados a los suelos. Esta puede usarse para identificar los servicios ecosistémicos relacionados con los suelos del área de intervención, así como las principales vulnerabilidades en la prestación y desarrollo de estos servicios ecosistémicos.

GUÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN

Para diligenciar la **Tabla 12**, es recomendable seguir los siguientes pasos:

- Identificar la existencia de cada tipo de servicio ecosistémico, en el área con posibilidades de intervención en función de cada uno de los renglones de la matriz.
- Calificar entre bajo (+), medio (++) y alto (+++) el grado de vulnerabilidad de los servicios ecosistémicos asociados al suelo en la zona de intervención.
- Analizar, en función del diligenciamiento de la matriz, los principales riesgos que se presentan para los servicios ecosistémicos relacionados con los suelos del área de intervención.

TABLA 12 EVALUACIÓN DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS ASOCIADOS A LOS SUELOS

Servicios ecosistémicos asociados a los suelos			
SERVICIO ECOSISTÉMICO	ASPECTOS DE LA RELACION CON EL SUELO	SE PRESENTA EN EL ÁREA SI / NO	GRADO DE VULNERABILIDAD DE ESTE SERVICIO ECOSISTÉMICO: BAJO + MEDIO ++ ALTO +++
Servicios de abastecimiento (aprovisionamiento)			
Abastecimiento de agua.	Existen nacimientos de agua superficiales y/o subterráneas.		
Producción de alimentos.	Producciones agrícolas y/o pecuarias.		
Producción de Fibras.	Producción de fique, junco, etc.		
Extracción de minerales y materiales de construcción.	Afecta los servicios ecosistémicos asociados al suelo.		
Producción de Madera.	Bosques de explotación comercial.		
Servicios de regulación			
Limitación de emisión de gases de efecto invernadero.	Los suelos orgánicos de los páramos y humedales se han conservado (no han sido drenados ni mecanizados).		
	En caso de realizar aportes de abonos nitrogenados, estos se realizan en condiciones de asimilación completa por los cultivos.		
Calidad del aire.	Está asociado a la presencia de bosques nativos, barreras vivas y una cobertura vegetal abundante y continua.		
Captura de CO ₂ por la biomasa aérea.	Bosques, cobertura del suelo, cultivos permanentes.		
Captura de CO ₂ en el suelo.	Materia orgánica del suelo superior a 5%.		
Regulación de flujos de agua.	Los suelos no están compactados y tienen una buena capacidad de infiltración del agua.		



Filtración y purificación del agua.	Los suelos tienen una buena capacidad de infiltración del agua, adecuada para la purificación. Sin pedregosidad excesiva ni texturas demasiado finas o demasiado gruesas.		
Prevención de la erosión.	Los suelos presentan una buena estructura y favorecen una cobertura vegetal abundante, que contribuye a la prevención de la erosión.		
Control biológico de plagas, y polinización.	Los suelos presentan condiciones biológicas equilibradas, con un alto régimen de biodiversidad.		
Servicios de soporte			
Biodiversidad.	El suelo presenta las condiciones adecuadas para el desarrollo de la fauna, la flora y microorganismos, con nutrientes suficientes y equilibrio aire, agua, fase sólida. El suelo no representa una amenaza para el desarrollo de la fauna y la flora (no está contaminado, no presenta desarrollo de microorganismos patógenos, ni alberga organismos tóxicos o invasivos). El suelo es un soporte que permite proteger biodiversidad, ecosistemas estratégicos o establecimiento de áreas protegidas.		
Área protegida.			
Santuario de Flora y Fauna, reserva forestal, etc.			
Ecosistemas estratégicos (páramo, humedal, manglar, bosque seco tropical, selva).			
Servicios culturales			
Fuente de ingresos y medio de subsistencia.	El suelo representa una fuente de ingresos, identifique al propietario de la tierra, al trabajador e incluso al protector de un ecosistema estratégico.		
Relación seres humanos – suelo.	Es importante la relación seres humanos-naturaleza, el rescate de la cultura campesina y el conocimiento tradicional del suelo.		
Identidad cultural.	El suelo hace parte de la identidad cultural de sus habitantes, (productos “típicos” y artesanales, presencia de minerales preciosos, o de plantas endémicas).		
Patrimonio histórico.	Los usos pasados del suelo han quedado evidenciados en los horizontes enterrados del suelo.		
Turismo y ecoturismo.	El suelo presenta características atractivas para las actividades turísticas como las apelaciones de origen, presencia de minerales preciosos, de sal o de plantas endémicas.		

Adicionalmente, es relevante localizar las áreas de conservación y protección y los ecosistemas estratégicos (páramos, humedales, lagos, etc.) identificados previamente.

Al finalizar esta actividad se espera tener diligenciada la matriz y de esta manera identificar los principales servicios ecosistémicos asociados a los suelos del área de intervención, así como sus principales riesgos y/o vulnerabilidades.

2.2.2. Realizar un análisis socio-cultural del área de intervención

En esta etapa se invita al usuario de la presente guía a tener en cuenta las condiciones económicas, sociales y culturales del área con posibilidades de intervención. Entre estas condiciones se encuentran la tasa de empleo y desempleo, condiciones laborales, ingresos, condiciones de tenencia de la tierra, acceso a servicios públicos, presencia y calidad de establecimientos para la prestación de servicios de salud y educación, equidad de género, minorías étnicas, necesidades básicas insatisfechas, atención a emergencias, entre otros. Es de vital importancia construir esta información contando con la participación de actores de la comunidad, en continuidad con la etapa anterior de análisis biofísico.

Para esto se sugiere realizar las siguientes sub-actividades:

• Analizar la documentación socio-cultural del área a intervenir.

Se sugiere realizar una descripción del perfil sociocultural del área a intervenir, a partir de la información oficial disponible. Es importante comprender el contexto sociocultural actual, así como aquellos cambios relevantes generados a lo largo del tiempo y que pueden tener influencia (o ser la causa) de las problemáticas actuales. De igual manera, se sugiere preparar una o varias entrevistas para complementar la información compilada.

A continuación, encuentra las fuentes oficiales que pueden ser consultadas para acceder a la información que, en la mayoría de los casos, se presenta a escala departamental.

• PIB: producto interno bruto.

- Fuente de la información: DANE. 2015. Cuentas Nacionales y Departamentales. <http://www.dane.gov.co/index.php/cuentas-economicas/cuentas-departamentales>

• NBI: necesidades básicas insatisfechas.

- Fuente de la información: DANE, 2015. Necesidades Básicas Insatisfechas. <http://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-sociales/necesidades-basicas-insatisfechas-nbi>

• Demografía.

- Fuente de la información: DANE, 2015. Demografía y población. Proyecciones de población. <http://www.dane.gov.co/index.php/poblacion-y-demografia/proyecciones-de-poblacion>

• **Tasa de empleo:** condiciones de empleo por ciudad (tasa de subempleo, rama de actividad, profesión e ingresos, entre otras), (DANE, 2015).

- Fuente de la información: DANE. 2015. Encuesta Integrada de Hogares.

• <http://www.dane.gov.co/index.php/mercado-laboral/empleo-y-desempleo>

- **Equidad de género:** comparar criterios entre hombres y mujeres de educación, salud y pobreza monetaria (DANE, 2015).

- Fuente de la información: DANE. 2015. Encuesta Integrada de Hogares. <http://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-sociales/con-enfoque-de-genero>

- **Presencia Comunidades Étnicas:** identificar si en la zona existe presencia de comunidades indígenas, ROM y minorías. Evaluar la pertinencia de hacer trámite de certificación ante el Ministerio del Interior para establecer, si en la posible área de intervención, hay presencia de minorías étnicas que requieran de procesos de Consulta Previa para la construcción y puesta en marcha de los Planes de intervención.

- Fuente de información: certificación de presencia de Grupos Étnicos. <http://www.mininterior.gov.co/mision/direccion-de-consulta-previa/certificacion-de-presencia-de-grupos-etnicos-ano-2013-mayo/certificaciones-de-presencia-de-grupos-etnicos>

- **Áreas de conflicto y posconflicto:** identificar si existen áreas de conflicto y condiciones de reintegración.

- Fuente de la información: reintegración en cifras. Información estadística. <http://www.reintegracion.gov.co/es/la-reintegracion/Paginas/cifras.aspx>

- Acceso al agua potable y a la energía eléctrica.

o Fuente: DANE. 2015. Estratificación socioeconómica para servicios públicos domiciliarios. <http://www.dane.gov.co/index.php/estratificacion-socioeconomica/generalidades>

- **Registro de atención a emergencias:** identificar el número de casos atendidos por emergencias relacionadas con deslizamientos, incendios forestales e inundaciones.

- Fuente de la información: Sistema Nacional de Emergencias. [http://portal.gestiondelriesgo.gov.co/](http://portal.gestiondelriesgo.gov.co;) Unidad Departamental de Gestión del Riesgo.

Para mayor información, consultar el Geoportal del DANE, el cual proporciona información estadística y permite descargarla en formatos compatibles con Sistemas de Información Geográfica (SIG), como ArcGis y Google Earth.

- Fuente de la información: <https://geoportal.dane.gov.co/v2/?page=elementoServiciosGeo>

La información anterior puede ser complementada con la documentación local y/o municipal existente acerca de las condiciones socio-culturales de la población de la zona y de los planes, proyectos e inversiones realizadas y proyectadas para el área de intervención. Esta información puede obtenerse a través de la consulta a los organismos de gobierno municipal entre los que se encuentran los siguientes:

- Alcaldía Municipal
- Gobernación
- Secretaría de Planeación
- Inspección de Policía

- Secretaría de Salud
- Secretaría de Educación
- Secretaría de Cultura y Turismo
- Oficinas de presupuesto y tesorería
- Oficinas de Control Interno
- UMATA
- Unidad de servicios públicos
- Consejo de cuenca,
- Juntas de acción comunal

Realizar un mapa social acerca del área de intervención

Con el objetivo de comprender el contexto socio-cultural en el cual se desarrollará el plan de intervención es importante realizar un mapa social en el cual se establezca, mediante una representación gráfica, la situación socio-cultural de la comunidad.



Ilustración 10. Elaboración de un mapa social

A continuación, se describe un ejemplo de mapa social que puede adaptarse de acuerdo al tipo y cantidad de actores de la comunidad (**Tabla 13**).

TABLA 13 MAPA SOCIAL

MAPA SOCIAL	
Objetivo específico: Identificar las condiciones socio-culturales que enmarcan los sistemas de producción del área de intervención.	
Actores a convocar: mujeres y hombres de la comunidad que sean relevantes para la implementación del plan de intervención.	
Duración: cuatro horas	
Número de participantes: treinta personas (máximo)	
Materiales necesarios: - Pliegos de papel periódico - Marcadores - Cajas de colores - Esferos - Cinta pegante - Mapa base del área de intervención.	Equipos audiovisuales: - Computador - Video Beam - Cámara fotográfica - Video grabadora (opcional)
DESARROLLO	
- Dar la bienvenida a la actividad explicando el objetivo de la misma y dando el espacio para que cada uno de los participantes invitados, hombres y mujeres, se presenten. - Organizar grupos de máximo ocho personas por cada uno, hombres y mujeres combinados en un mismo grupo. - Proporcionar los materiales de trabajo a cada grupo. - Nombrar en cada grupo de trabajo un moderador o moderadora que haga las veces de coordinador y relator. - Solicitar a cada grupo de trabajo que realice un mapa de la comunidad, identificando elementos de referencia como centros educativos, centro de salud, centros comunitarios, plazas de mercado carreteras principales y ecosistemas estratégicos (ríos, quebradas, lagos, lagunas, páramos, etc.). - Solicitar que se ubiquen las viviendas señalando aspectos sociales, económicos y culturales más relevantes de la comunidad como son: número de habitantes, fuentes de ingreso de la comunidad, desempleados, condiciones laborales, acceso a los servicios públicos, condiciones de seguridad, etc. - Solicitar que cada grupo elabore un listado de todas las actividades que realizan diariamente; posteriormente identificar al frente de cada una si son las mujeres, los hombres, los niños o las niñas quienes apoyan el desarrollo de cada actividad. - Realizar la socialización del mapa elaborado por cada grupo y el listado de distribución de tareas por género para promover la discusión acerca de cuál es el perfil socio-cultural del área a intervenir. - Contrastar las opiniones de la comunidad con la información obtenida previamente mediante información secundaria.	

2.2.3. Elaborar el documento sobre el diagnóstico de prácticas no sostenibles del suelo y contexto socio-cultural del área de intervención

Es importante elaborar un documento de diagnóstico que integre los aspectos relacionados con las problemáticas y las prácticas de manejo no sostenibles de los suelos y el diagnóstico socio-cultural del área de intervención. Se sugiere tener en cuenta que estos componentes hacen parte de un todo que permite tener una visión de conjunto de las problemáticas del suelo, y simultáneamente, del contexto socio-cultural del área a intervenir.

• Sistematizar la información recolectada y elaborar el documento de diagnóstico biofísico y de las prácticas de manejo no sostenibles del área de intervención.

De acuerdo con la información obtenida con la comunidad, los actores clave y mediante la búsqueda de información secundaria, es recomendable sistematizar la información relacionada con las problemáticas y las prácticas del manejo no sostenible de los suelos en el área de intervención.

En función de lo anterior es importante redactar y complementar el documento de diagnóstico biofísico y de las prácticas de manejo no sostenibles del área de intervención, a partir de la sistematización de la información biofísica, la identificación de las prácticas de manejo no sostenible de los suelos y la identificación de los servicios ecosistémicos y problemáticas de los suelos de la zona, adjuntando las evidencias participativas, documentales, fotográficas y de audio.

• Sistematizar la información recolectada y elaborar el documento de diagnóstico socio-cultural.

De acuerdo con la información obtenida a partir de fuentes secundarias y de forma participativa con el recorrido en campo y el mapa social realizado con la comunidad, se sugiere sistematizar la información recolectada, documentando las condiciones sociales, económicas, culturales y de calidad de vida que enmarcan el área de intervención.

2.3. FASE DE PLANIFICACIÓN

El objetivo de esta fase es formular el Plan de intervención para la implementación de buenas prácticas para la gestión sostenible de los suelos. Para esto se pretende definir los objetivos y áreas específicas de intervención, seleccionar las buenas prácticas a aplicar y establecer un cronograma, un presupuesto y actores responsables.

A continuación, se presentan las diferentes actividades para el desarrollo de esta fase:

2.3.1. Realizar el diseño del plan de intervención para la gestión sostenible de suelos por parte del grupo formulador.

La primera actividad de esta fase consiste en la elaboración de una propuesta de Plan de intervención para la implementación de buenas prácticas para el uso y manejo sostenible de los suelos, según las siguientes sub-actividades:

• Seleccionar las buenas prácticas para el manejo sostenible de los suelos en el área de intervención.

A partir del análisis de los elementos de diagnóstico obtenidos en la fase anterior, es importante seleccionar las buenas prácticas de manejo sostenible de los suelos a implementar en el área de

intervención que permitan solucionar las problemáticas identificadas.

Las buenas prácticas se pueden seleccionar a partir de los siguientes pasos:

- Revisar del Capítulo 3 de la presente Guía e identificar las buenas prácticas de manejo de los suelos, teniendo en cuenta sus beneficios y formas de aplicación.
- Seleccionar las buenas prácticas en función del problema a intervenir.
- Revisar qué tan viable es la aplicabilidad de estas prácticas en el área de intervención, a partir de las condiciones económicas, sociales y culturales. (Ejemplo: tenencia de la tierra, características de la comunidad, etc.)
- Seleccionar las zonas en las cuales se aplicarán las diferentes prácticas.
- Construir el presupuesto y cronograma del plan de intervención.

A partir de las buenas prácticas para la gestión sostenible de los suelos seleccionadas, es necesario proyectar los requerimientos técnicos, administrativos, presupuestales y logísticos para la implementación del Plan de Intervención.

Para establecer el presupuesto del plan de intervención, se sugiere tener en cuenta los siguientes elementos:

- Gastos de implementación de buenas prácticas
- Materiales (madera, cemento, piedra, canecas, frascos)
- Herramientas (palas, martillos, barras)
- Composteras
- Montaje lombricompuestos
- Equipos (bio-fumigadora, sembradora, picadora)
- Semillas
- Plántulas
- Insumos minerales
- Insumos biológicos
- Mano de obra
- Gastos de trabajos de campo
- Cantidad de salidas de campo
- Valor de viáticos (alojamiento y alimentación)
- Valor de transporte aéreo
- Valor de transporte terrestre
- Gastos de análisis de muestras en laboratorio
- Número de muestras de suelos
- Número de muestras de aguas
- Valor por unidad de muestra de suelos
- Valor por unidad de muestras de agua
- Gastos de personal
- Perfiles de los equipos de trabajo
- Honorarios para el personal del equipo de trabajo

- Tiempos de duración de los contratos
- Valor mensual
- Valor total por profesional
- Valor total de personal
- Costos que asume la grupo formulador
- Costos que asume la entidad de cofinanciación
- Costos que asumen los beneficiarios del Plan de Intervención
- Gastos de capacitación y socialización
- Número de días de capacitación
- Número de asistentes
- Número de moderadores requeridos
- Valor del salón para eventos
- Valor de refrigerios y almuerzos
- Costos de papelería y materiales
- Costos de papelería para impresiones
- Costos de memorias USB
- Costos de útiles requeridos
- Costos de materiales para los eventos de capacitación y socialización

Una vez obtenido el presupuesto total de trabajo y a partir del reconocimiento de las fuentes de financiación propuestas en la Fase de Identificación, se puede continuar con la gestión de las estrategias de financiación, dependiendo del objeto definido y de la problemática a intervenir.

Es recomendable que el cronograma de trabajo proyecte actividades y productos a corto plazo (un año), mediano plazo (tres años) y largo plazo (cinco años) del Plan de Intervención. Cabe anotar que para ver los efectos de un plan de intervención para la gestión sostenible de los suelos se sugiere implementar actividades durante cinco años, con una duración mínima de tres años.

Para el desarrollo del cronograma se sugiere tener en cuenta los siguientes elementos:

- Primera fase: capacitación de los productores, adquisición del material necesario. tres a seis meses.
- Segunda fase: implementación de las buenas prácticas de manejo, fase de transición. seis meses.
- Tercera fase: monitoreo y seguimiento. tres años.
- Cuarta fase: análisis de resultados y continuidad del proceso. seis a doce meses.
- Construir preliminarmente el documento del plan de intervención por parte de la institución líder.

Una vez definidas las buenas prácticas para la gestión sostenible de los suelos, los objetivos de intervención, el presupuesto y el cronograma del plan de intervención, el grupo formulador puede proceder a elaborar un documento preliminar de plan de intervención con los siguientes elementos.

- Introducción.
- Diagnóstico.
- Objetivos: general y específicos.
- Buenas prácticas para la gestión sostenible del suelo a implementar.

- Presupuesto y estrategia de financiación.
- Cronograma y responsabilidades (roles de los actores).
- Metas e indicadores de seguimiento.

2.3.2. Construir de manera participativa el plan de intervención para la gestión sostenible de suelos

Una vez elaborado de manera preliminar el Plan de Intervención por parte del grupo formulador, este se deberá retroalimentar y construir de manera participativa con la comunidad involucrada.

- Presentar y retroalimentar el plan de intervención con la comunidad.

Para la formulación del *Plan de intervención* para la implementación de buenas prácticas para la gestión sostenible de los suelos se sugiere realizar uno o varios talleres, de acuerdo con las condiciones específicas de la zona a intervenir.

A continuación se presenta un ejemplo para la construcción colectiva del Plan de Intervención (Tabla 14). El ejemplo puede ser adaptado de acuerdo a las necesidades, los actores convocados y el tiempo disponible.

TABLA 14 TALLER DE PLANIFICACIÓN

TALLER DE PLANIFICACIÓN	
Objetivos específicos:	
• Definir las buenas prácticas a implementar para la gestión sostenible de los suelos. • Construir el <i>Plan de intervención para la implementación de buenas prácticas para la gestión sostenible de los suelos</i>.	
Actores a convocar: actores institucionales y de la comunidad partícipes en la construcción del Plan de Intervención.	
Duración: ocho horas. Primera parte (cuatro horas). Segunda parte (cuatro horas).	
Número de participantes: treinta personas (máximo).	
Materiales necesarios: • Papel periódico • Fichas bibliográficas • Marcadores borrables • Esferos • Cinta pegante	Equipos audiovisuales: • Computador • Video Beam • Cámara fotográfica • Video grabadora (opcional)
DESARROLLO PRIMERA PARTE: DEFINICIÓN DE LAS BUENAS PRÁCTICAS A IMPLEMENTAR PARA LA GESTIÓN SOSTENIBLE DE LOS SUELOS	
• Dar la bienvenida a la actividad explicando el objetivo de la misma y dando el espacio para que cada uno de los participantes invitados, hombres y mujeres, se presenten. • Presentar de manera didáctica, puede ser a través de videos experienciales, las buenas prácticas de manejo sostenible de los suelos. • Presentar de manera general el diagnóstico previamente construido con la comunidad y las buenas prácticas seleccionadas para el área de intervención. • Invitar a la comunidad a discutir y retroalimentar en consenso las buenas prácticas de gestión sostenible del suelo a implementar.	





DESARROLLO SEGUNDA PARTE: CONSTRUCCIÓN DEL PLAN DE INTERVENCIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE BUENAS PRÁCTICAS PARA LA GESTIÓN SOSTENIBLE DE LOS SUELOS

- Validar el objetivo de intervención definido.
- Elaborar un listado de los productores que se van a comprometer con la implementación y seguimiento de las prácticas sostenibles, los cultivos o zonas de conservación involucradas, las buenas prácticas a implementar y el número de hectáreas intervenidas. Para esto puede tomar como base la matriz que se presenta a continuación.
- Presentar el presupuesto asignado para la implementación del proyecto, lo cual genera motivación y transparencia a la hora de su ejecución.
- Presentar el cronograma propuesto en función de la implementación de las prácticas seleccionadas y verificar si están de acuerdo con lo planteado.
- Presentar los roles y responsabilidades de los actores del proyecto.
- Presentar los indicadores de seguimiento y monitoreo y plantear una discusión sobre los mismos.

Al finalizar el taller de planificación, se deben haber definido aspectos relevantes como los que se presentan en la siguiente matriz base, en la cual se deben señalar los productores implicados, el cultivo o zona de conservación relacionados, las buenas prácticas a implementar y el número de hectáreas beneficiadas.

La siguiente matriz puede ser complementada teniendo en cuenta aspectos de cronograma, presupuesto, materiales, mano de obra necesaria, entre otros, en función de las condiciones específicas del área a intervenir (**Tabla 15**).

TABLA 15 TABLA DE PRÁCTICAS A IMPLEMENTAR

Agricultor	Cultivo (s) o áreas de conservación	Buenas prácticas a implementar	Hectáreas

- Construir las metas y matriz de indicadores del plan de intervención.

A continuación se indican algunos ejemplos de criterios que pueden ser integrados en las metas del plan de intervención, los cuales deben ser construidos y socializados en conjunto con la comunidad.

- Número de buenas prácticas implementadas. Se sugiere dar el detalle en cuanto a las metas por cada práctica implementada.
- Número de hectáreas con implementación de buenas prácticas de manejo sostenible de los suelos.
- Efectos visibles en el suelo y en el ecosistema frente la implementación de las buenas prácticas de manejo sostenible de los suelos.
- Cambios en los indicadores del estado del suelo: carbono orgánico, densidad aparente, retención de humedad.

- Aumento de la productividad de los cultivos.
- Incremento de la captura de carbono (Herramienta EX – ACT: ver 3.1).
- Cambios visuales de mejoramiento del suelo por procesos de degradación por erosión (fotografía cero), herramientas de evaluación del cambio del paisaje.
- Mejoramiento de la calidad del agua (sedimentos, sólidos en suspensión)
- Número de participantes pertenecientes a gremios, asociaciones, federaciones, etc.
- Número de participantes de entidades públicas.
- Número de hombres y mujeres partícipes en el Plan de Intervención.

Como herramienta para el seguimiento de la calidad del suelo, se sugiere consultar el numeral 3.1 de la presente guía, donde la observación cuidadosa y el conocimiento del suelo, así como su permanente evaluación representan una buena práctica de uso y manejo sostenible del suelo.

A partir de la formulación de las anteriores metas se sugiere construir una matriz de seguimiento, la cual podrá ser ajustada de acuerdo a los requerimientos del Plan de Intervención (**Tabla 16**). A continuación se presenta un ejemplo:

TABLA 16 MATRIZ DE SEGUIMIENTO DE PRÁCTICAS IMPLEMENTADAS

Metas	Indicadores	Actividades	Avances cuantitativos (monto ejecutado)	Avances Cualitativos	Limitantes encontradas	Acciones correctivas adoptadas	Lecciones aprendidas

2.3.3. Formulación final del plan de intervención

- Elaborar el documento final de plan de intervención de acuerdo con los aportes de la comunidad.

Al finalizar el taller de planificación se sugiere documentar los diferentes aportes realizados por parte de los actores institucionales y de la comunidad. Se sugiere adjuntar como evidencia las fotografías del evento.

A partir de lo anterior, es importante elaborar el documento final de Plan de intervención para la implementación de buenas prácticas para la gestión sostenible de los suelos de acuerdo con los aportes de la comunidad.

- Socializar el documento final.

Una vez formulado el documento final de Plan de intervención para la implementación de buenas prácticas para la gestión sostenible de los suelos este se puede socializar ante la(s) entidad(es) del grupo formulador.

2.4. FASE DE IMPLEMENTACIÓN Y SEGUIMIENTO

A partir de la construcción del *Plan de Intervención para la implementación de buenas prácticas de gestión y uso sostenible del suelo* de forma conjunta con la comunidad, se debe proceder a realizar la implementación y seguimiento del mismo a través de las siguientes actividades.

2.4.1. Ajustar detalles para la implementación y seguimiento al Plan de Intervención

En esta fase se busca ajustar los detalles relacionados con la implementación y seguimiento al *Plan de Intervención*. En función de esto se pueden asignar los respectivos roles y responsabilidades a través de reuniones realizadas de manera regular. Para esto, es importante retomar y hacer seguimiento a la matriz de prácticas por cultivo o sistema de producción a implementar y los indicadores de seguimiento contruidos en la *Fase de planificación*:

- Definir un comité de implementación del plan de intervención.

Se puede definir el tipo de comité de implementación que tendrá el plan de intervención en una reunión con los actores implicados. A continuación se presenta un ejemplo de un posible comité de implementación **(Tabla 17)**:

TABLA 17 ROLES DEL COMITÉ DE IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE INTERVENCIÓN

COMITÉ DE IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE INTERVENCIÓN	
Cargo	Responsabilidades
Presidente del comité de implementación	Liderar las reuniones para el seguimiento y monitoreo del Plan de Intervención.
	Realizar la evaluación de implementación del Plan de Intervención.
Secretario del comité de implementación	Organizar y preparar las reuniones para el seguimiento y monitoreo del Plan de Intervención.
	Solicitar el diligenciamiento de los formatos de seguimiento y monitoreo de la implementación del Plan de Intervención por parte de los actores implicados.
Delegado para capacitación técnica	Capacitar a los productores acerca de la implementación de buenas prácticas.
Representante técnico responsable del seguimiento y monitoreo	Reportar los avances técnicos del Plan de Intervención, en seguimiento a la implementación de buenas prácticas de manejo de los suelos.
	Realizar el seguimiento y monitoreo del componente técnico del Plan de Intervención.
Productores implicados	Realizar la aplicación de buenas prácticas.
	Reportar problemas encontrados, cambios, fortalezas, debilidades.
	Participar en el registro del seguimiento y monitoreo de los indicadores seleccionados.

- **Asignar roles y responsabilidades.**

En la misma reunión del numeral anterior, se podrá elegir por votación a los actores partícipes del Comité de implementación, previa definición de sus roles y responsabilidades.

- **Definir fechas de ejecución (cronograma) y responsables del seguimiento.**

El grupo formulador del plan de intervención podrá establecer el cronograma de ejecución del presupuesto para el plan de intervención. Una vez establecido este cronograma se deberán concertar reuniones periódicas con el Comité de Implementación, a fin de poner en marcha y realizar el respectivo seguimiento al Plan de Intervención.

A partir de la matriz de indicadores diseñada (Tabla 16) es importante establecer fechas, responsables y formatos específicos de seguimiento que permitan presentar los soportes para realizar el monitoreo del plan de intervención a través del Comité de Implementación.

- **Seguimiento del proyecto.**

El seguimiento será realizado por el representante técnico responsable del seguimiento y monitoreo y por los productores implicados.

En el corto plazo, es decir en los primeros seis meses del proyecto, se sugiere prestar una atención particular al establecimiento de las buenas prácticas y del comité de seguimiento. En esta etapa se recomienda definir los indicadores que van a permitir evidenciar los cambios surgidos posteriormente a la implementación de buenas prácticas de manejo del suelo, así como un protocolo de seguimiento de los mismos.

Los indicadores pueden seleccionarse a partir de las características descritas en el Capítulo 3 de la presente Guía. Para que las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo sean consideradas indicadores de calidad deben cubrir las siguientes condiciones: a) describir los procesos del ecosistema; b) integrar propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo; c) reflejar los atributos de sostenibilidad que se quieren medir; d) ser sensitivas a variaciones de clima y manejo; e) ser accesibles a muchos usuarios y aplicables a condiciones de campo; f) ser reproducibles; g) ser fáciles de entender; h) ser sensitivas a los cambios en el suelo que ocurren como resultado de la degradación antropogénica; i) y, cuando sea posible, ser componentes de una base de datos de suelos ya existentes (Doran y Parkin, 1994).

En el mediano plazo, se espera dar inicio a la aplicación del protocolo de seguimiento y realizar la validación de los indicadores, confirmando sus características de reproductividad y facilidad de aplicación y realizar los ajustes necesarios, como eliminación o cambio de indicadores.

En el largo plazo el objetivo es disponer de una cantidad suficiente de datos que permita aplicar los análisis adecuados y obtener resultados con un buen nivel de confianza, lo que implica un diseño óptimo y la implementación del protocolo de seguimiento.

SUELOS SANOS: CLAVE PARA LA SEGURIDAD
ALIMENTARIA Y LA NUTRICIÓN PARA TODOS



VIENEN DEL SUELO

CAPÍTULO 3

PRÁCTICAS PARA EL USO Y MANEJO
SOSTENIBLE DE LOS SUELOS

USAR EL SUELO SEGÚN SU VOCACIÓN

El presente capítulo presenta ejemplos de prácticas para el uso y manejo sostenible de los suelos, las cuales pueden ser implementadas por los actores interesados, de acuerdo a los lineamientos del plan de intervención y en el marco de las normas vigentes.

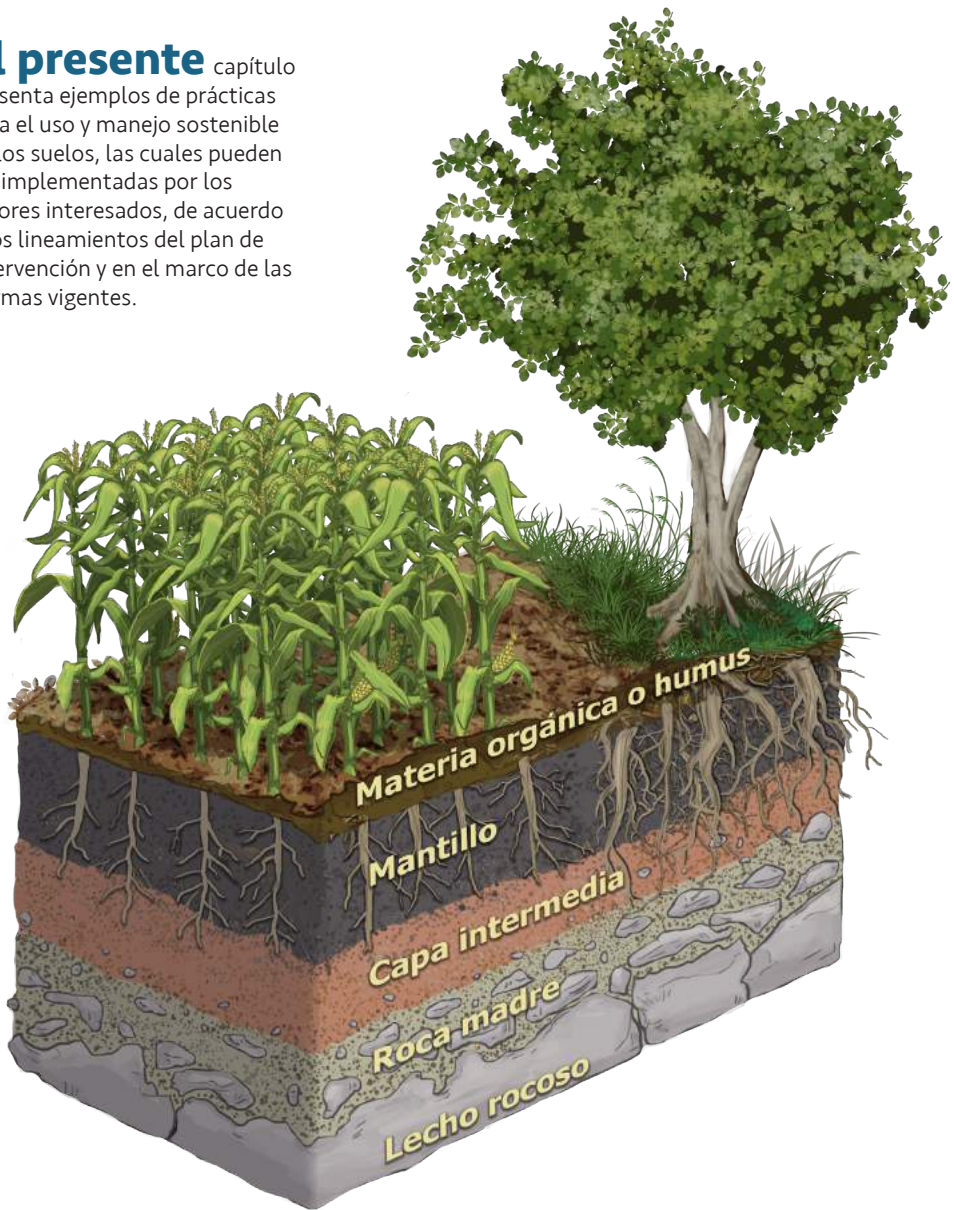


Ilustración 11. Perfil de suelo y sus diferentes usos

En cada una de estas secciones se podrá identificar la descripción general de la práctica, los beneficios que genera para el suelo y algunas pautas a tener en cuenta durante su aplicación.

Las prácticas presentadas a continuación, son el eje articulador para elaborar los “Planes de intervención para la implementación de buenas prácticas para el uso y manejo sostenible de los suelos” presentados en el Capítulo 2 de la presente Guía.

PRÁCTICAS PARA EL USO Y MANEJO SOSTENIBLE

En ese sentido se busca que los ecosistemas y agroecosistemas puedan ser manejados de forma sostenible, con menores impactos ambientales y sociales y la reducción del uso de insumos externos; situación que repercute de manera directa en la gestión y uso sostenible de los suelos. Para esto, se consideran relevantes los cinco principios ecológicos para la sustentabilidad de los agroecosistemas descritos por Reijntjes et al., 1992 y Altieri, 1999, a saber:

- Aumentar el reciclado de biomasa y optimizar la disponibilidad y el flujo balanceado de nutrientes.
- Asegurar condiciones del suelo favorables para el crecimiento de las plantas, particularmente a través del manejo de la materia orgánica y aumentando la actividad biótica del suelo.
- Minimizar las pérdidas debidas a flujos de radiación solar, aire y agua mediante el manejo del microclima, cosecha de agua y el manejo de suelo a través del aumento en la cobertura.
- Diversificar específica y genéticamente el agroecosistema en el tiempo y el espacio.
- Aumentar las interacciones biológicas y los sinergismos entre los componentes de la biodiversidad promoviendo procesos y servicios ecológicos claves.

De igual manera se pretende que en los bosques, ecosistemas estratégicos y áreas de conservación se incluya la aplicación de buenas prácticas de manejo de los suelos, particularmente en los casos donde la conservación de los suelos se encuentra amenazada por las presiones antrópicas, los fenómenos climáticos y las condiciones naturales extremas.

3.1. OBSERVACIÓN Y EVALUACIÓN EN CAMPO DE LA CALIDAD DEL SUELO



Ilustración 12. Observación del suelo en campo

¿Qué es la observación y evaluación en campo de la calidad del suelo?

La observación y evaluación en campo de la calidad del suelo es ante todo un proceso de comprensión del suelo; es un modelo basado en la observación en campo, con el cual se pretende conseguir una evaluación de la fertilidad tanto a corto como a largo plazo (Herody, 1999).

El modelo que surge no es un modelo de cantidades, sino de procesos. No se basa en aplicar un producto determinado en una cantidad determinada, sino en generar acciones para conseguir una productividad adecuada y así mismo garantizar la conservación de éste componente ambiental y sus servicios ecosistémicos en el corto, mediano y largo plazo.

¿Cuáles son los beneficios de la observación y evaluación en campo de la calidad del suelo?

Entre los principales beneficios de la observación y evaluación en campo de la calidad del suelo se encuentran:

- Conocer el estado general de las principales propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo para determinar prácticas de manejo que optimicen su rendimiento del suelo en función de su vocación, contribuyendo simultáneamente con la sostenibilidad y conservación de este.
- Proporcionar información acerca de las principales características del suelo como línea base para realizar posteriores seguimientos y determinar la eficiencia de las prácticas en su manejo y/o conservación.
- Identificar las principales vulnerabilidades del suelo con miras a tomar medidas de mitigación, corrección o conservación.
- Generar información acerca de las potencialidades que tiene el suelo y con base en esto definir sus usos recomendados, cultivos óptimos y prácticas adecuadas.
- Optimizar la utilización de recursos dado que las acciones de manejo van enfocadas en función de las observaciones realizadas.
- En el caso de uso del suelo para la conservación, permiten prevenir su posible degradación natural, por condiciones naturales extremas de relieve o de clima, entre otras.
- Contribuir a la autonomía de los productores y usuarios de los suelos, desde la autoevaluación de los recursos disponibles.

¿Cómo se hace la observación y evaluación en campo de la calidad del suelo?

La observación y evaluación en campo de la calidad del suelo se puede llevar a cabo mediante procesos de evaluación cualitativa, cuantitativa o una combinación de las dos anteriores.

Para el caso específico del seguimiento de la captura de carbono en el suelo y la evaluación de la emisión de gases de efecto invernadero, la evaluación en campo puede ir acompañada por procesos de modelización, en los cuales es posible hacer uso de herramientas como EX ACT, que permite realizar una estimación de estos factores en función de las prácticas de manejo de los suelos que han sido aplicadas.

A continuación se presenta el enlace de la herramienta EX ACT: URL: <http://www.fao.org/tc/exact/pagina-principal-de-ex-act/es/>

3.1.1. Evaluación cualitativa

La observación y evaluación cualitativa en campo se sugiere como el primer paso a seguir para el conocimiento del suelo.

Esta evaluación no necesariamente implica la realización de análisis especiales o de elevado costo, sino que se basa en obtener información del suelo mediante la observación visual, el olor y el tacto. Si bien este enfoque puede ser subjetivo, en tanto que refleja sesgos del observador, cuando se da una buena capacitación y directrices detalladas, puede ser una herramienta muy útil para la toma de decisiones y el uso sostenible del suelo, así como en el momento de evaluar sus cambios.

Los procesos locales participativos para el monitoreo cualitativo de la calidad del suelo tienen un valor educativo importante, pues permiten establecer la comunicación entre los usuarios de los suelos y otros profesionales vinculados a su manejo sostenible. En algunos casos, se han desarrollado, por ejemplo, formatos de puntuación para medir la salud del suelo en campo y obtener información relevante que permita comprender las prácticas de manejo y las características de los suelos.

3.1.1.1. Diagrama de predio

Como parte de la evaluación cualitativa se tiene la descripción del predio; en el Anexo 2 se presenta un ejemplo de formato que puede usarse para representar gráficamente una parcela a intervenir. Es importante señalar que en un mismo predio se pueden encontrar diferentes parcelas homogéneas las cuales deben ser identificadas y evaluadas por separado.

Se busca que los actores que se encuentran desarrollando el proceso de observación cualitativa en campo elaboren un gráfico de cada parcela a evaluar, después de un breve recorrido que permita identificar diferentes factores determinantes de la dinámica del suelo, como cobertura vegetal (presencia de cercas vivas, arvenses), puntos de circulación o acumulación de agua, zonas de cambio de pendiente o acumulación de sedimentos, caminos y referencias de lotes vecinos.

Cabe indicar que, una parcela homogénea puede definirse como aquella área que presenta las mismas características en cuanto a esquema de uso del suelo, historia de uso, manejo, paisaje, topografía, entre otros.

Para el diligenciamiento del formato y elaboración del diagrama del predio se sugiere tener en cuenta los siguientes aspectos:

En la sección denominada observaciones claves, se busca que la persona que diligencie el formato de "Diagrama de parcela" indague acerca de aspectos relevantes en la calidad y salud del suelo. Entre estas observaciones se encuentran, por ejemplo, circunstancias particulares en el momento del muestreo o características relevantes de la parcela como exposición al viento, inundación, procesos de remoción en masa, etc.

Una vez realizada esta observación, se sugiere proceder a seleccionar los diferentes puntos característicos de la parcela como zona alta, zona baja, zonas de acumulación, presencia de erosión, calvas o zonas de menor desarrollo vegetal, con el fin de realizar la caracterización de cada una de ellas.

En la descripción general es importante mencionar el uso actual del suelo, si es de uso agrícola mencionar el cultivo que se está desarrollando y las prácticas que se llevan a cabo. Si es de uso ganadero, es importante precisar aspectos relacionados con estabulación, relación número de animales: hectárea, tipo de sistema (silvopastoril, agrosilvopastoril). Si es de conservación, forestal o agroforestal, identificar las características del uso respectivo.

En el estado general de la parcela, se busca referenciar aspectos como el vigor de los cultivos o de la vegetación, la presencia de plagas o enfermedades, posibles síntomas de salud o fertilidad del suelo, como son necrosamiento de hojas y frutos, pérdida de frutos inmaduros, etc.

Los síntomas observados en la vegetación pueden ser indicios de degradación del suelo por compactación, salinidad, drenaje o problemáticas relacionadas con la contaminación de los suelos ya sea por metales pesados, residuos de plaguicidas, hidrocarburos, residuos peligrosos y no peligrosos, compuestos aromáticos, entre otros.

En la historia de uso y manejo se busca indagar más allá de la dinámica actual del suelo, con el fin de obtener detalles acerca de lo que ha ocurrido sobre este en las últimas décadas, de tal manera que se pueda obtener información relevante sobre cambios de cobertura, uso, manejo, procesos físicos o de remoción en masa del suelo, características químicas o biológicas a lo largo de los años. Es muy importante la comunicación con las comunidades de la zona, ya que ellos serán quienes podrán proporcionar información al respecto.

En el paisaje y topografía de la parcela, se busca identificar por ejemplo, si esta se encuentra en una planicie, en un valle, en pie de montaña, lomerío etc. De tal manera que se intente comprender los procesos de formación, movilidad y dinámica del suelo.

De otro lado, la sección de presencia de erosión, se refiere a “la pérdida de la capa superficial de la corteza terrestre por acción del agua y/o del viento” (Minambiente -IDEAM, 2015), lo cual es un indicador importante de degradación física del suelo. La erosión se puede observar por la presencia de surcos o cárcavas de más de 5 cm de profundidad que se unen entre sí, un horizonte orgánico delgado o ausente, o en presencia de lluvias en las que el agua rápidamente toma el color intenso de los horizontes superficiales.

Cabe anotar que este formato presentado en el Anexo 2, puede ser modificado en función de la experiencia de quien realice su diligenciamiento, así como de las necesidades de la parcela y de su posterior intervención.

3.1.1.2. Evaluación del suelo de la parcela

Posteriormente a la observación general de la parcela, se invita a realizar cajuelas de 40 x 40 cm, con las cuales se busca promover el conocimiento de la dinámica del suelo a medida que cambia su profundidad, en función del perfil del mismo. Es decir, se busca indagar sobre aspectos relevantes que se puedan observar en los diferentes horizontes, como son: color, textura (proporción de arena, limo, arcilla), profundidad, capacidad de infiltración, profundidad de raíces, estructura, entre otros.

Se pretende con esta observación de los horizontes del suelo identificar aspectos que puedan ser relevantes a la hora de definir las buenas prácticas a implementar posteriormente. Por ejemplo, se pueden encontrar suelos que aunque presenten una adecuada fertilidad química, presentan poca profundidad o difícil manejo, como presencia de rocas o aumento de la compactación a medida que se avanza en el perfil del suelo.

PRÁCTICAS PARA EL USO Y MANEJO SOSTENIBLE

Para una descripción detallada de los criterios de descripción del suelo, se sugiere tener en cuenta la información del Capítulo 4 de la “Guía para la Descripción de Suelos” de la FAO (2009), en el cual se encontrarán aspectos relacionados con la descripción de los perfiles del suelo, como caracterización de la erosión, textura, moteados, estructura, densidad aparente, porosidad, raíces o actividad biológica entre otros.

La “Guía para la Descripción de Suelos” de la FAO (2009) podrá ser consultada en el enlace que se encuentra a continuación:

• URL: <http://www.fao.org/3/a-a0541s.pdf>

En el Anexo 3 se ilustra un ejemplo de cómo podría desarrollarse este proceso de caracterización del suelo, a partir de una adaptación de la libreta de evaluación de suelos del instituto de evaluación de la calidad del suelo de Maryland (USDA, 1997).

En este enfoque, se pueden evaluar diferentes indicadores físicos, químicos, biológicos. Se pueden asignar escalas de calificación en categorías sencillas como “mala”, “regular” y “buena”. De igual forma en el Anexo 3 se ilustran de manera general las especificaciones de evaluación para los indicadores propuestos.

Cada indicador puede ser evaluado en una escala entre 1 y 10, o simplemente en categorías que comprenden estos valores así: pobre (1,2 o 3), regular (4, 5 o 6) y buena (7, 8 o 9). Con base en la observación de campo, deben irse diligenciando las tablas de modo que se colorean todos los cuadros correspondientes a un valor como puede apreciarse a manera de ejemplo en la Ilustración 13.

Tarjeta de Evaluación

Fecha _____ Cultivo(s) _____
Nombre finca/Identificación _____

Calidad del suelo	Pobre			Regular			Buena		
INDICADORES	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Lombrices de tierra									
Materia orgánica / Color-residuos									
Cantidad, penetración y salud de raíces									
...									

Ilustración 13 Ejemplo diligenciamiento de la tarjeta de evaluación cualitativa del suelo

Para interpretar la tarjeta de evaluación, se debe observar que entre mayor sea el número de cuadros sombreados significa que se presentan mejores condiciones en el suelo. En el caso contrario,

entre menor sea el número de cuadros sombreados, significa que la situación del suelo es más crítica y por tanto debe ser priorizada mediante un proceso de intervención.

Adicionalmente, en la “Tarjeta de Evaluación” se invita a los usuarios a realizar la evaluación cualitativa del suelo en función del perfil del mismo, para ello en el Anexo 3 se encuentra el espacio para diligenciar las características de los horizontes del suelo, señalados mediante las letras A y B.

Por otro lado, las categorías o escalas que definen la calificación también pueden ser ajustadas en función de la terminología local y de las preferencias de los agricultores de la zona. Las fotografías de alta calidad también son una excelente manera de capacitar a los agricultores y de obtener información relevante y con puntuaciones estandarizadas.

Este ejemplo se encuentra desarrollado para el caso específico del uso agrícola del suelo, pero puede ser adaptado según el contexto específico y necesidades de los suelos involucrados en sus diferentes vocaciones y usos.

Existen diversos tipos de evaluaciones en campo que pueden ser de mucha utilidad, por tanto la tarjeta de evaluación presentada como ejemplo, es una herramienta flexible en la cual se pueden introducir diferentes indicadores, según las condiciones específicas del suelo y la experiencia de quien realiza la evaluación.

En el momento de adaptar esta herramienta, se sugiere que cada criterio sea claro y tenga unos parámetros de evaluación bien definidos, como aparece en la segunda sección del Anexo 3.

3.1.1.3. Criterios de Evaluación cualitativa

Al realizar una valoración general de la dinámica del suelo, es importante incluir en la tarjeta de evaluación información relacionada con los siguientes aspectos:

- Compactación

La compactación del suelo provoca la pérdida de la porosidad y limita el crecimiento de las raíces, el paso del agua, el aire y los nutrientes. La compactación se puede apreciar por la resistencia a la penetración en el suelo, ya sea con la pala, cuchillo o penetrómetro, introduciéndolo en el suelo en repetidas ocasiones a lo largo del terreno. Al observar los primeros 60 cm en un corte de suelo, los cambios de dirección y forma de las raíces pueden indicar la presencia de un horizonte compactado.

**OBSERVACIÓN
Y EVALUACIÓN
CUALITATIVA
EN CAMPO**
Primer paso a seguir para el conocimiento del suelo



Ilustración 14. Uso del penetrómetro

- Erosión

La erosión es la pérdida físico-mecánica del suelo, con afectación en sus funciones y servicios ecosistémicos, que produce, entre otras, la reducción de la capacidad productiva de los mismos (Lal, 2001). La degradación de suelo por erosión, se refiere a “la pérdida de la capa superficial de la corteza terrestre por acción del agua y/o del viento, que es mediada por el ser humano, y trae consecuencias ambientales, sociales, económicas y culturales” (Minambiente -IDEAM, 2015). Se puede observar por la diferencia de nivel del suelo en marcas en paredes, muros, maderas o incluso piedras, prestando especial atención a su disminución, lo cual podría ser un indicador de pérdida de suelo y por tanto de procesos erosivos; para esto también se pueden implementar postes de seguimiento para medirlos año a año, o en diferentes lapsos de tiempo de manera periódica.

- Infiltración del agua

Para un adecuado desarrollo de los procesos al interior del suelo, se requiere que el suelo cuente con un adecuado equilibrio entre agua, aire y fracción sólida del suelo. Para esto es importante revisar la infiltración del agua en el mismo, evaluando la velocidad con que el agua entra en el perfil del suelo. En ese sentido si la velocidad de infiltración es muy baja no habrá suficiente humedad para las plantas, puesto que la mayoría del agua que recibe de las lluvias escurrirá superficialmente. Si por el contrario, la velocidad es muy alta y en el suelo hay algún horizonte sub-superficial poco permeable, se pueden originar problemas de exceso de agua en esa zona del perfil. Para valorar este factor, es necesario preguntarse por ejemplo, acerca de la capacidad del suelo para permitir que el agua se infiltre fácilmente durante un aguacero y no escurra superficialmente generando procesos de erosión. Así como, indagar acerca de su capacidad para proporcionar suficiente agua a las plantas durante los períodos de sequía.

- Estructura del suelo

La estructura del suelo se define por la forma en que se agrupan las partículas orgánicas y minerales. Cuando las partículas individuales se agrupan, toman el aspecto de partículas mayores y se denominan agregados. A partir de la estructura del suelo se definen aspectos importantes como la estabilidad estructural del mismo, la cual se refiere a la capacidad que tiene un suelo para mantener su nivel y estado de agregación, cuando se aplican fuerzas externas, ya sean de origen natural o debido a las actividades antrópicas que sobre el suelo se desarrollan. En ese sentido vale la pena preguntarse ¿qué tan estable es el suelo para mantener su estructura ante una posible inundación o presencia de fuerzas de remoción?

- Materia orgánica

La materia orgánica es la base de la estructura del suelo, el alimento para los macro y microorganismos, así como una propiedad emergente que contribuye de manera transversal a la calidad y la salud del suelo. La evaluación de la materia orgánica se puede realizar observando el color del suelo, el cual en general será más oscuro en la medida que se presente mayor contenido de materia orgánica Ver Capítulo 4 de la “Guía para la Descripción de Suelos” de la FAO (2009).

- Cobertura vegetal

La cobertura vegetal protege el suelo de la erosión y de la radiación solar, evitando así la pérdida de materia orgánica. Los criterios de evaluación son, por una parte el porcentaje de área con cobertura y por otra parte la permanencia de la cobertura a lo largo del año. Se puede observar igualmente la presencia de cercas vivas, uso de abonos verdes, coberturas con plantas acompañantes, entre otros aspectos.

- Actividad biológica del suelo

La actividad biológica del suelo se encuentra relacionada con el contenido de materia orgánica del suelo, así como, con la presencia y actividad de micro y meso organismos del sistema edáfico, los cuales cumplen funciones muy importantes en los diferentes ciclos biogeoquímicos del suelo, como también en la autoregulación equilibrio ecológico al interior del mismo. Un buen indicador es el contenido de lombrices de tierra, encontrándose que a mayor número de lombrices se presume que hay una mayor actividad biológica en el suelo; para esto es importante buscar en los diferentes cuadrantes del predio y recordar que regularmente estas no se encuentran superficialmente en el suelo sino que se sugiere que este se remueva entre los primeros 10 a 30 cm. del suelo.

- Desarrollo de las raíces

Las características de las raíces del suelo, son un indicador de su calidad, por tanto una observación cuidadosa de estas puede permitir obtener información relevante para una posterior intervención del suelo. Al respecto es importante preguntarse sobre aspectos como ¿el suelo permite que los cultivos desarrollen completamente sistemas radicales saludables?, ¿qué tan profundas son las raíces en el suelo?, ¿cuál es el grosor de las raíces?, ¿qué tan saludables se encuentran?, ¿presentan las raíces un recorrido fácil a lo largo del suelo o, por el contrario, se encuentra que sus raíces han sido desviadas por efecto de dificultades para su desplazamiento y crecimiento?

- Presencia de carbonatos

Los carbonatos son compuestos que reaccionan a los ácidos, produciendo un burbujeo al desprenderse el dióxido de carbono; estos permiten identificar procesos de acumulación de sales, problemas en el uso de agua de riego salina o bien la presencia de algunas rocas sedimentarias, que pueden ser parte del material parental de los suelos. Los carbonatos más comunes en los suelos son de calcio, sodio o magnesio. Para determinar a nivel cualitativo su presencia se puede usar un gotero de vidrio con ácido clorhídrico, sulfúrico o nítrico al 10 %, los cuales al aplicarse en forma de gotas sobre un terrón de suelo generan burbujeo del suelo indicando la presencia de carbonatos. Ver capítulo 4 de la *“Guía para la Descripción de Suelos”* de la FAO (2009).

- Presencia de cenizas volcánicas

La presencia de cenizas volcánicas en suelos son un indicador de posible toxicidad por aluminio y de presencia de alofanos, la cuales son aluminosilicatos no cristalinos que presentan una relación atómica Al/Si entre 1 y 2 (Wada 1989). La identificación en campo de minerales como alofano se hace por medio de la prueba de fluoruro de sodio (NaF) (Fieldes y Perrot, 1966); esta prueba consiste en la adición de NaF al 9% a una muestra de suelo colocada sobre un papel impregnado con fenolftaleína que actúa como indicador. La presencia de alofano conduce a una reacción en la cual el NaF libera iones hidróxidos de la alofano, produciendo el incremento del pH por encima de 9 y la coloración fucsia del papel indicador. Un resultado positivo en la prueba de cenizas volcánicas, así como un pH del suelo inferior a 5,5, puede indicar la presencia de toxicidad por aluminio intercambiable, en cuyo caso se sugiere realizar la toma de muestras para determinación de este parámetro en un laboratorio certificado para este tipo de análisis.

Los anteriores indicadores, así como otros sugeridos a partir de la experiencia de las comunidades o las autoridades ambientales, pueden ser adicionados a la tabla de evaluación del Anexo 3. Un ejemplo podría ser: ¿nota algún síntoma de deficiencia de nutrientes en el suelo como hojas amarillas o pequeñas, o tallos alargados, caída de flores o frutos?, ¿encuentra algún indicador de contaminación por actividades de minería, extracción de hidrocarburos, actividades industriales, de infraestructura o comerciales?, ¿hay sospecha de contaminación por agroquímicos tales como presencia de metales pesados o residuos de plaguicidas?

Se sugiere que esta tabla se diligencie desde la fase inicial hasta el final del desarrollo del proyecto o *Plan de intervención* y que su revisión y ajuste se realice de manera periódica, en función de las modificaciones o prácticas introducidas al sistema, convirtiéndose de esta manera en un hábito y por tanto una herramienta permanente en la que se haga consiente el proceso de observación de los suelos y sus prácticas de manejo, con miras a identificar fortalezas, debilidades, proponer posibles cambios y así mismo hacer seguimiento al avance o retroceso de las condiciones del suelo en función de los cambios introducidos. Esta práctica se sugiere igualmente en el caso de ecosistemas estratégicos, donde se pueden producir cambios naturales o antrópicos que causan la degradación del suelo.

3.1.2. Evaluación cuantitativa

Siempre que existan las condiciones económicas y logísticas para la realización de análisis de laboratorio del suelo, se hace recomendable realizar análisis cuantitativos de los suelos, a fin de conocer de manera precisa sus características físicas, químicas o biológicas. Cabe anotar que el análisis de laboratorio debe ser en todos los casos un complemento de la observación cualitativa del suelo.

Los análisis de suelos aportan información acerca de la toma de decisiones sobre la aplicación de fertilizantes y se realizan de acuerdo al concepto de un especialista en laboratorios debidamente acreditados para tal fin. Existen algunas condiciones que sugieren la necesidad de la evaluación cuantitativa de los suelos, a saber: problemas de fertilidad de los suelos, degradación de las condiciones físicas del suelo como pérdida de estabilidad estructural, capacidad de infiltración o compactación, sospecha de problemas de toxicidad por aluminio, salinidad, actividades que generen riesgos de contaminación de los suelos, así como otras circunstancias que de acuerdo con el criterio de la comunidad o del funcionario a cargo de la intervención consideren relevantes para sugerir la necesidad de evaluación cuantitativa del suelo.

Las propiedades físicas que pueden ser utilizadas como indicadores de calidad del suelo, son aquellas que reflejan la manera en que este recurso acepta, retiene y presenta disponibilidad de agua a las plantas, así como las limitaciones que se pueden encontrar en el crecimiento de las raíces, la emergencia de las plántulas, que están relacionadas con la disposición de las partículas y los poros del suelo. Además de la observación en campo de la estructura y la profundidad efectiva, es posible analizar en el laboratorio la densidad aparente y la retención de humedad a diferentes tensiones para obtener datos sobre porosidad, capacidad de almacenamiento del agua y conductividad hidráulica saturada (Cruz y Barra, 2004; Avellaneda, 2008).

Los indicadores químicos se refieren a condiciones que afectan las relaciones suelo-planta, la calidad del agua, su disponibilidad y capacidad amortiguadora y el contenido de nutrientes para plantas y microorganismos (SQI, 1996). Algunos indicadores son: contenido de nutrientes, carbono orgánico, pH, capacidad de intercambio de cationes, cationes intercambiables, cambios en la materia orgánica, nitrógeno total y nitrógeno y fósforo disponible (Cruz y Barra, 2004; Avellaneda, 2008), salinidad y sodicidad.

Así mismo, se sugiere la determinación de sustancias contaminantes en función de actividades que generen un riesgo potencial para los suelos, entre estas actividades se encuentran la minería, extracción de hidrocarburos, industria, comercio y servicios, infraestructura y agricultura de alta demanda de insumos químicos. Dichas actividades pueden generar problemas de contaminación con metales pesados, residuos de plaguicidas o de hidrocarburos, compuestos orgánicos y residuos peligrosos o no peligrosos que pueden ser determinados a nivel cuantitativo en los respectivos laboratorios, los cuales son especialmente relevantes para la calidad del suelo y que representan un riesgo para la salud de los seres humanos y los ecosistemas.

Los análisis bioquímicos del suelo incluyen factores como tasa de respiración, tasa de descomposición de los residuos vegetales, N y C de la biomasa microbiana (SQI, 1996) y actividad enzimática (Avellaneda, 2008), que pueden aportar información valiosa acerca del estado biológico del suelo en los agroecosistemas y ecosistemas estratégicos.

Los indicadores biológicos integran gran cantidad de factores que afectan la calidad del suelo tales como: abundancia, diversidad y subproductos de micro y macroorganismos (incluidos bacterias, hongos, nemátodos, lombrices, anélidos y artrópodos) y abundancia de raíces. Existen varios métodos semi cuantitativos que pueden ser muy útiles en el momento de estimar la biodiversidad del suelo, como es el caso de las trampas de luz.

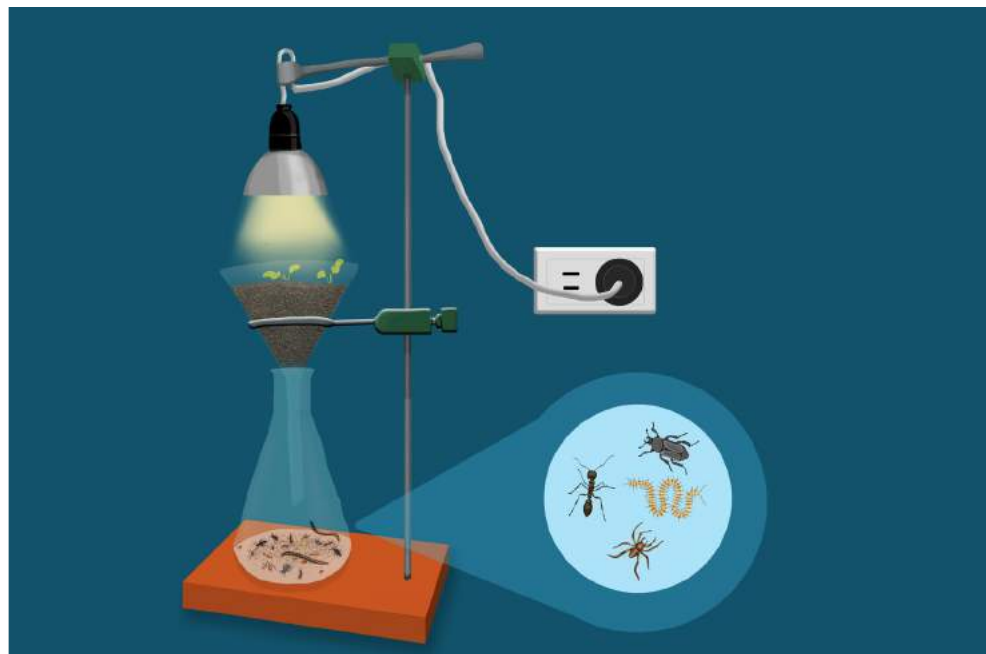


Ilustración 15. Trampa de luz: dispositivo para la recolección de mesofauna del suelo

Así mismo, la determinación de respirometría del suelo y la abundancia de microorganismos claves en sus diferentes ciclos biogeoquímicos, como el nitrógeno, carbono y fósforo, son importantes para comprender la actividad biológica de este recurso. En este sentido, el acceso a determinaciones de microorganismos fijadores de nitrógeno, amonificantes, proteolíticos, desnitrificantes, oxidantes de amonio, oxidantes de nitrito, solubilizadores de fosfato y celulolíticos, cobra relevancia.

4. Métodos de muestreo de suelos

Para llevar a cabo la evaluación cuantitativa del suelo, determinando sus propiedades físicas, químicas y biológicas, existen diferentes métodos de muestreo, como son el representativo y el diferenciado.

Para realizar un muestreo representativo de suelos, se requiere imaginar una posible división del predio en diferentes secciones, de tal manera que cada sección presente características similares entre sí, a saber: pendiente, tipo de cultivo, prácticas de manejo, vegetación, clima (altura), régimen hídrico y degradación del suelo; una vez establecidas estas secciones, se toma como máximo una muestra de suelo por cada 10 Ha. Se sugiere que cada muestra de suelo esté compuesta por aproximadamente 10 a 15 submuestras, las cuales pueden ser tomadas siguiendo un recorrido en zigzag, en cuadrícula o al azar.

Para la toma de cada submuestra se sugiere retirar el material de cobertura del suelo y tomar la muestra a una profundidad de entre 0 a 50 cm, de acuerdo con las siguientes recomendaciones: pastoreo (0 a 10 cm), cultivos y pasto de corte (0 a 25 cm), árboles frutales y forestales (0 a 50 cm).



Ilustración 16. Material necesario para el muestreo de suelos

Las diferentes submuestras han de ser homogenizadas y una vez realizado este proceso se pueden tomar entre 500 y 1000 g de suelo por muestra, los cuales se almacenan en una bolsa plástica limpia y hermética. Adicionalmente, se requiere rotular cada muestra proporcionando su información básica. Se sugiere además, documentar mediante un formato de campo los datos de los puntos de muestreo, incluyendo información relevante como: lugar de muestreo (coordenadas GPS de ser posible), descripción de la muestra en cuanto a pendiente, tipo de cultivo, prácticas de manejo y demás observaciones relevantes.

El caso del muestreo diferenciado, supone la identificación de diferentes sectores en una parcela de suelo (Herody, 1999); por ejemplo, se pueden diferenciar zonas planas, zonas de pendiente, zonas de compactación o zonas donde la vegetación sea diferente del resto del terreno. Esto permite tener una idea de las diferentes fases de suelo presentes en el área y así determinar un manejo diferenciado, como se hace en la agricultura de precisión o en el caso de presencia de parches o calvas por ejemplo. Este tipo de muestreo implica un costo superior de los análisis de laboratorio, ya que éstos se hacen por cada muestra recolectada, pero proporciona una valiosa información acerca de la dinámica del suelo.

En el caso de un muestreo para suelos con sospecha de contaminación, existen métodos particulares de muestreo basados en la evaluación de riesgos (Ver informe Minambiente – FAO, 2016).

5. Uso e interpretación de los datos cuantitativos

La información de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo permitirá posteriormente determinar problemas de degradación del suelo, pérdida de la calidad, deficiencias nutricionales, entre otros aspectos.

Los factores físicos del suelo como densidad real, aparente, retención de humedad y textura, permiten realizar un seguimiento a la aplicación del riego, con el fin de evitar la compactación, pérdida de estructura o cambios en la textura del suelo a lo largo del perfil del mismo. De igual manera, los análisis químicos permiten el monitoreo de la salinidad del suelo.

La evaluación cuantitativa de la calidad del suelo también permite, de manera indirecta, proyectar modificaciones para un manejo sostenible del sistema de riego, en los cuales se evalúan por ejemplo cambios en función de la fuente de agua, tipo, frecuencia y tamaño del sistema de riego.

Así mismo, se sugiere tener en cuenta aspectos como: construir suelos más resistentes a la sequía mediante el aumento de materia orgánica, mejoramiento de la agregación y volumen de enraizamiento el uso programado del agua; determinar necesidades de riego en función de los requerimientos del suelo y de las plantas en las diferentes fases de cultivo; y construir sistemas de almacenamiento para cosechar agua, siendo estos elementos que mejoran de manera integral la gestión y uso sostenible del suelo (Magdoff y van Es, 2009).

En aquellos casos, en los que se requiere realizar una valoración rápida y semicuantitativa de la calidad de los suelos, se puede hacer uso de los kits para evaluación de suelos, los cuales también pueden aportar resultados acerca de las características físicas, químicas y biológicas de los suelos, que aunque son menos precisos que los obtenidos en el laboratorio, presentan como ventajas que son accesibles y fáciles de utilizar.

Es importante tener en cuenta que, tanto los análisis de laboratorio como el uso de los kits de campo, deben acompañarse de una adecuada técnica de observación y evaluación cualitativa en campo, así como de la asesoría de profesionales idóneos y con experiencia en el área de calidad y salud del suelo.

3.2. PRÁCTICAS GENERALES PARA LA SOSTENIBILIDAD DEL SUELO

En la presente sección se retoman prácticas generales para la sostenibilidad del suelo, que cobran relevancia para la implementación de *Planes de intervención en buenas prácticas para el uso y manejo sostenible de los suelos*, como se enuncia a continuación.

3.2.1. Usar el suelo según su vocación de uso

¿Qué es usar el suelo según su vocación de uso?

La vocación de uso es el primer aspecto a tener en cuenta para el manejo sostenible de los suelos; esto quiere decir que se sugiere usar al suelo en función de lo que se ha recomendado como uso adecuado, según sus condiciones biofísicas.

¿Cuáles son los beneficios de usar el suelo según su vocación?

Entre los principales beneficios de usar el suelo según su vocación se encuentran:

- Se conserva a largo plazo, pues se hace su uso en función de las características biofísicas que este puede soportar.
- Se evitan problemas derivados de la sobreutilización y subutilización de los suelos.
- Se previene la erosión.
- Se contribuye a mantener el drenaje natural, la humedad de los suelos y a conservar sus demás propiedades físicas.
- Se previene la pérdida de la fertilidad del suelo y la afectación a sus condiciones químicas y biológicas.

¿Cómo se hace para usar el suelo según su vocación?

Como medio de revisión del contexto general del área, es posible consultar el mapa de vocación de uso de los suelos a escala 1:100.000, con el objetivo de determinar cuáles son las vocaciones más comunes a nivel del departamento. Para esto es posible consultar el portal URL: http://geoportal.igac.gov.co:8888/siga_sig/Agrologia.seam; sin embargo, este contexto general no traduce necesariamente las características específicas del suelo del predio.

En este orden de ideas, el primer paso para usar el suelo de un predio según su vocación, consiste en consultar en el municipio respectivo cuál es el uso del suelo permitido en el Plan de Ordenamiento Territorial (POT), dirigiendo el requerimiento directamente a la alcaldía del Municipio, con la identificación del predio.

Para una evaluación real de la vocación de uso del suelo a nivel de predio, es necesario examinar un estudio de suelos a escala 1:25.000 o consultar a un edafólogo especializado, que realice las observaciones necesarias del suelo y las compare con los requerimientos específicos de los cultivos o las especies a instalar.

3.2.2. Labranza mínima

¿Qué es la labranza mínima?

La labranza mínima o mínimo movimiento del suelo consiste en intervenir lo menos posible el suelo al momento de cultivarlo, de tal manera que no se interfiera en los procesos naturales que se desarrollan en él (FAO, 2000; Herrera, 2008).

**SUELOS
Y BIODIVERSIDAD**
Mínima perturbación del suelo para
favorecer sus procesos naturales



Ilustración 17. Labranza mínima en surcos o continua

¿Qué beneficios tiene la labranza mínima?

Los principales beneficios de la labranza mínima del suelo son (FAO, 2000a, 2015; Altieri y Nicholls, 2000):

- Protege la humedad del suelo debido al aumento de la filtración y a la baja de evaporación.
- Regula su temperatura y contribuye al control de los extremos de calor y radiación, mejorando el microclima del suelo.
- Protege la estructura del suelo.
- No interrumpe los drenajes naturales.
- Controla la erosión del suelo.
- Aumenta su fertilidad, disminuyendo la tasa de descomposición de la materia orgánica y por tanto la pérdida de carbono.
- Estimula la actividad biológica del suelo.
- Permite el ahorro en un 20% en mano de obra.
- Ahorro en combustible y costos de maquinaria pesada.

¿Cómo se hace la labranza mínima?

Existen tres formas de realizar la labranza mínima:

- Labranza cero o siembra directa.

Es aquella que permite el desarrollo de cultivos sin necesidad de preparación mecánica o alteración de los suelos desde el cultivo anterior (FAO, 2000a, 2015). Este sistema de siembra directa afloja el suelo solamente en un área muy estrecha y poco profunda inmediatamente alrededor de la zona de las semillas. Esta perturbación localizada se realiza generalmente con un plantador de conservación o sembradora. Es especialmente útil en suelos de textura gruesa (arenas y gravas) y suelos bien drenados, ya que estos tienden a ser más suaves y menos susceptibles a la compactación (Magdoff y van Es, 2009).

- Labranza mínima en surcos o continua.

Es una forma de labranza en donde se remueven solamente los surcos de 20 a 30 centímetros de ancho que serán ocupados por el cultivo, dejando el suelo entre surcos sin remover. La remoción de suelo dentro de estos surcos se hace a una profundidad de 15 a 30 cm, según el tipo de suelo y clase de cultivo (FHIA, 2004). Este sistema es especialmente útil para los suelos fríos y húmedos, debido a que los surcos ofrecen plántulas en un ambiente más cálido y con mejor drenaje.

- Labranza mínima puntual o sitio a sitio.

Es una forma de labranza donde se prepara el suelo solamente alrededor de la postura de siembra. La remoción de suelo se hace de forma circular a unos 20-25 cm alrededor de la postura, dejándose sin remover el espacio entre posturas. Este se puede recomendar para cultivos de distanciamiento largo, como sandía, yuca, boniato, guatila, tomate, chile y frutales (FHIA, 2004). Su enfoque es alterar el suelo en una estrecha franja a lo largo de la fila de plantas y dejar la mayor parte de la superficie del suelo no perturbado. Este tipo de "labranza vertical" promueve el crecimiento más profundo de la raíz y el movimiento del agua (Magdoff y van Es, 2009).

Existen variadas herramientas y equipos que se utilizan en los sistemas de labranza mínima y evitan el volteo de los horizontes del suelo y la alteración excesiva del mismo, como son la matraca, sembradoras de tracción mecánica o animal, palo plantador, entre otros (FAO, 2000a, 2015).

3.2.3. Abonos verdes y cobertura permanente del suelo

¿Qué son los abonos verdes y la cobertura permanente del suelo?



Ilustración 18. Incorporación de abonos verdes

Los abonos verdes consisten en la incorporación al suelo de plantas sembradas o biomasa vegetal no descompuesta con el fin de mejorar la fertilidad y calidad del suelo. Los abonos verdes son capaces de reciclar grandes cantidades de nutrientes en formas asimilables por las demás especies (Caballero et al. 2011; FAO, 2000b).

La cobertura permanente del suelo consiste en mantener el campo de cultivo cubierto con material orgánico verde o seco (vivo o muerto). Se ha podido comprobar que el suelo no debe estar mucho tiempo desnudo, para evitar la influencia directa del sol y la lluvia, causa fundamental de su erosión. Si se va a dejar la tierra sin cultivar un tiempo prolongado, la cobertura del suelo puede combinarse con abonos verdes para la protección y restauración del suelo (Caballero et al. 2011).

¿Qué beneficios tienen los abonos verdes y la cobertura permanente del suelo?

Entre los principales beneficios de la implementación de los abonos verdes y la cobertura permanente se encuentran (Altieri y Nicholls, 2000; CIAT, 2003; FAO, 2000b; FAO, 2015d; INTA-FAO, 2005):

- Promueven un considerable y continuo aporte de biomasa al suelo, de manera que mantienen e incluso elevan, a lo largo de los años el contenido de su materia orgánica.
- Incrementan la disponibilidad de nutrientes para las plantas, principalmente N y P, ayudan a la fijación de macro y micro nutrientes.
- Promueven la fijación biológica de nitrógeno al suelo, a través de las leguminosas.
- Mejoran la capacidad de intercambio catiónico (el pH), además de la porosidad.
- Protegen la capa superficial del suelo contra las lluvias de alta intensidad, el sol y el viento.
- Mantienen elevadas tasas de infiltración de agua por el efecto combinado del sistema radicular y la cobertura vegetal.
- Mejoran la retención de humedad del suelo, ya que reducen la pérdida de agua por evapotranspiración.
- Reducen la pérdida de suelos por erosión, pues la regeneración del suelo es mayor que la degradación.
- Mejoran el microclima, disminuyen las variaciones extremas de temperatura en el suelo.
- Reducen la competencia de arvenses y por tanto su población a través del efecto supresor y/o alelopático, ocasionado por el rápido crecimiento inicial y exuberante desarrollo de la biomasa.
- Reducen la incidencia de plagas con respecto a las plantaciones sin cobertura, disminuyendo la necesidad de plaguicidas y por tanto los efectos de residualidad de sustancias químicas contaminantes en el suelo.
- Generan una fuente de alimento, hábitat y energía para las diversas formas de vida del suelo y permiten el desarrollo de organismos benéficos en el suelo. Aumentan la actividad biológica del suelo.

- Mejoran las condiciones para el desarrollo de las raíces y el crecimiento de las plántulas.
- Mejoran la fertilidad e incrementan el rendimiento de los cultivos.
- El efecto de los abonos verdes con raíces pivotantes, como en el caso de la *Crotalaria*, tiene un efecto positivo en la descompactación del suelo.

¿Cómo se obtienen los abonos verdes?

Los abonos verdes se pueden obtener a partir de plantas que se tumban en el suelo, preferiblemente leguminosas, pues se caracterizan por fijar nitrógeno en el suelo. No cualquier especie vegetal se adapta para ser utilizada como abono verde, ya que deben cumplir con las siguientes características principales (Amado y Wildner 1991; CIAT, 2003; FAO, 2000b).

1. Presentar rápido crecimiento inicial (agresividad inicial) y eficiente cobertura del suelo.
2. Producir elevadas cantidades de biomasa (materia verde y seca).
3. Presentar capacidad de reciclaje de nutrientes.
4. Crecer satisfactoriamente en suelos pobres, de baja fertilidad o degradados.
5. Consumir la mínima cantidad de agua posible y ser resistente a sequía.
6. Presentar un régimen bajo de ataque de plagas y enfermedades.
7. No comportarse como planta invasora, dificultando los cultivos sucesivos y/o la rotación.

Para la siembra de los abonos verdes se sugiere (García y Martínez, 2000):

- Preparar el terreno con una mínima perturbación del suelo.
- Sembrar el abono verde: la semilla puede sembrarse de forma manual o mecánica; generalmente se utiliza siembra al voleo, procurando una densidad de población relativamente alta para alcanzar una buena producción de biomasa.
- Incorporar el abono verde: el mejor resultado de los abonos verdes se obtiene al incorporarlos cuando están verdes, antes de que se vuelvan muy fibrosos y produzcan semillas. La forma de incorporar la planta para abono verde depende del uso del suelo y de los objetivos en función de su vocación. Así mismo, depende de los equipos y la herramienta disponible. Cuando se desea proteger el suelo y controlar las arvenses, se deja el abono verde acamado y entero, entonces la descomposición ocurre lentamente; cuando se desea enterrar el abono verde hasta una profundidad que no exceda los 10 cm; posteriormente debe dejarse transcurrir de tres a cuatro semanas para que se haya integrado al suelo.

Existe una gama amplia de plantas que pueden ser utilizadas como abono verde y cobertura permanente, como se puede observar en el Anexo 4, a manera de ejemplo.

3.2.4. Barreras y cercas vivas

¿Qué son las barreras y las cercas vivas?

Las barreras vivas son cultivos que se siembran, principalmente en las laderas, con el propósito de controlar la erosión (FAO, 2011) y mejorar la resistencia del sistema agrícola frente a eventos climáticos, así mismo, contribuyen a la diversificación funcional de los agroecosistemas, aumentando con esto el control biológico de plagas, la polinización y disminuyendo el uso de plaguicidas (Vázquez, 2011).

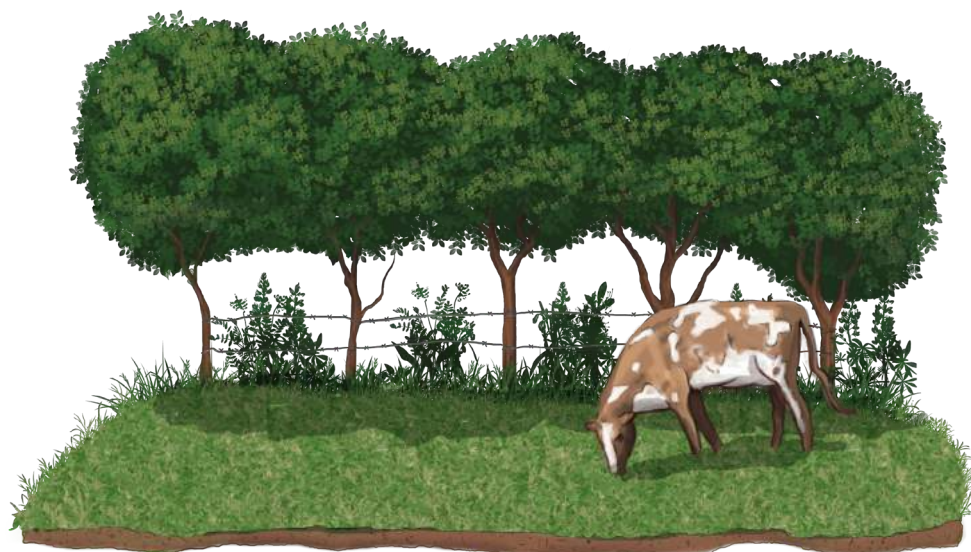


Ilustración 19. Cercas vivas

Las cercas vivas son una forma de establecer un límite, mediante la siembra de una hilera de árboles y/o arbustos a distancias relativamente cercanas, a los cuales se fijan líneas de alambre. El propósito principal de las cercas vivas es el control del movimiento de los animales y humanos; adicionalmente, pueden proveer leña, forraje, alimento, cortina rompevientos y enriquece el suelo con nutrientes (FAO, 2016), así mismo; en el caso de las plantas arbustivas utilizadas como barreras vivas, contribuyen a prevenir la erosión del suelo.

¿Cuáles son los beneficios de las barreras y cercas vivas?

Los principales beneficios de las barreras y las cercas vivas son (CIAT, 2003; FAO, 2011; FAO, 2016; Vázquez, 2011):

- Permiten disminuir la velocidad del agua lluvia y retienen sedimentos que son arrastrados, disminuyendo la pérdida de suelo y por tanto la erosión, especialmente en el caso de barreras arbustivas.
- Requieren poco mantenimiento.

- Protegen el suelo de los fenómenos climáticos que implican periodos de lluvia o sequía prolongada.
- Modifican la pendiente formando terrazas naturales.
- Ocupan poco espacio y por lo tanto se pueden utilizar en reforestación o con cultivos comerciales.
- Son multiuso porque proporcionan beneficios en pastos, leña, postes, alimento para animales y humanos y funcionan para el mejoramiento del suelo.
- Evitan, a largo plazo, la pérdida de fertilidad de los suelos.
- Disminuyen la incidencia de plagas y por tanto el uso de insecticidas y fungicidas, pues constituyen barreras físicas para poblaciones inmigrantes de plagas, a la vez que ofrecen servicio de refugio y alimentación a poblaciones de reguladores naturales, en especial parasitoides y predadores.
- En el caso de las cercas vivas, generan límites formales y tenencia de la tierra: marcaje del territorio generando ventajas para la conservación del suelo.
- Proveen protección de los cultivos contra el pisoteo de los animales.
- Mejoran las condiciones micro-climáticas para los animales: protección contra el viento y el sol.
- En el caso de uso del suelo para la conservación, permiten controlar la degradación natural del suelo por condiciones naturales extremas de relieve o hidrografía.

¿Cómo se hacen las barreras vivas?

Existen diferentes tipos de implementación de las barreras vivas, que depende del tipo de suelo y de las necesidades globales de la finca. Estos tipos de barreras vivas son: barreras vivas de múltiple propósito, barreras con pasturas mejoradas, barreras con leguminosas arbustivas, barreras con plantas medicinales, barreras con plantas alimenticias y barreras unipropósito (CIAT, 2003). Ver Anexo 5.

PRÁCTICAS DE MANEJO SOSTENIBLE DEL SUELO

Generar acciones para conseguir una productividad adecuada y
garantizar la conservación de sus servicios ecosistémicos en el
corto, mediano y largo plazo

3.2.5. Pastoreo controlado o rotativo

¿Qué es el pastoreo controlado o rotativo?

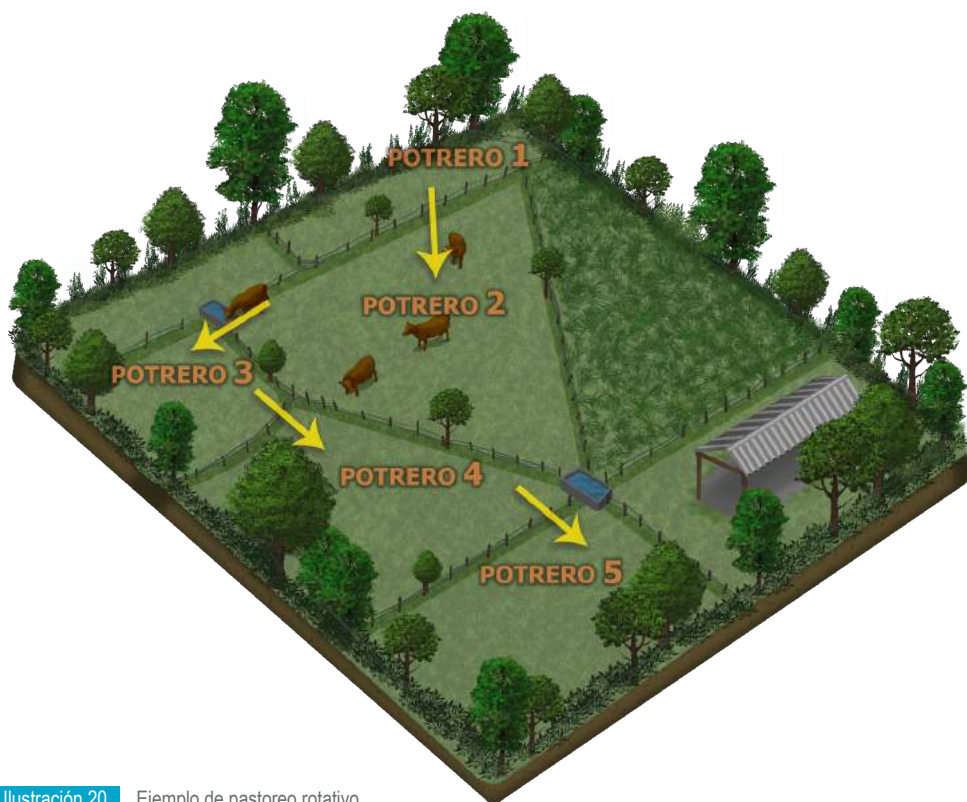


Ilustración 20. Ejemplo de pastoreo rotativo

Consiste en rotar el ganado dentro del terreno, para evitar que los suelos se compacten (especialmente en época de lluvias), de esta manera se permite que el suelo descansa y mejora el rebrote de praderas (FAO, 1998).

El pastoreo controlado consiste en mantener a los animales en sitios fijos como corrales, o amarrados a estacas, donde es fácil su alimentación con pasto de corte o el disponible en el lote (Rodríguez y Jacobo, 2012). La forma en que se maneje el pastoreo tiene un impacto importante sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos (FAO, 1998).

¿Cuáles son los beneficios del pastoreo controlado o rotativo?

Los principales beneficios del pastoreo controlado o rotativo son (Altieri y Nicholls, 2000; FAO, 2015d; Rodríguez y Jacobo, 2012):

- Permite distribuir con precisión los alimentos y nutrientes necesarios para el ganado, evitando que el ganado dañe los cultivos.

- Previene el sobrepastoreo.
- Mejora la cobertura del suelo y evita su compactación y posterior degradación, por erosión.
- Genera mayor crecimiento de los animales, ya que no desperdician energía en la búsqueda de forraje.
- La pradera carga el sistema con nutrientes y materia orgánica, y el ciclo de cultivos actúa como una fase extractiva de nutrientes acumulada.
- Interrumpe los ciclos de vida de plagas, enfermedades y arvenses.
- Previene el deterioro de las plantaciones y cultivos propios y ajenos.

El pastoreo rotativo es un método eficiente que provee forraje en forma constante a los animales, permitiendo el retoño rápido del pasto y la distribución homogénea del estiércol en el campo (Altieri y Nicholls, 2000).

El manejo de pastoreo rotativo o praderas mejoradas contribuye a la recuperación de áreas degradadas, mediante la integración de cultivos anuales en sistemas de producción animal y conllevan a mejorar la productividad de los suelos (FAO, 1998).

¿Cómo se hace el pastoreo controlado o rotativo?

Para implementar el pastoreo controlado o rotativo se sugiere tener en cuenta los siguientes pasos (Rodríguez y Jacobo, 2012):

- 1) Subdividir los lotes y planear asociaciones entre pastos, gramíneas y leguminosas. Se sugiere adicionalmente, aumentar la biodiversidad de plantas con cercas vivas.
- 2) Concentrar los animales en uno o dos corrales con una buena densidad de animales, en las épocas de fuertes lluvias, donde el suelo es más sensible a la compactación.
- 3) Ordenar la densidad de animales en los tres meses de mayor tasa de crecimiento y calidad del pasto.
- 4) Determinar el tiempo de ocupación en cada lote.
- 5) Determinar el tiempo de descanso de cada lote. Para esto se sugiere disponer de terrenos con vocación ganadera suficientes, para lograr la disposición correcta de los potreros.
- 6) Determinar la intensidad del pastoreo en cada situación en particular.

Se sugiere sembrar pasto de corte en los lotes con elevada pendiente, con el fin de evitar el pastoreo, así como prevenir y/o disminuir la erosión.

3.2.6. Rotación de cultivos

¿Qué es la rotación de cultivos?

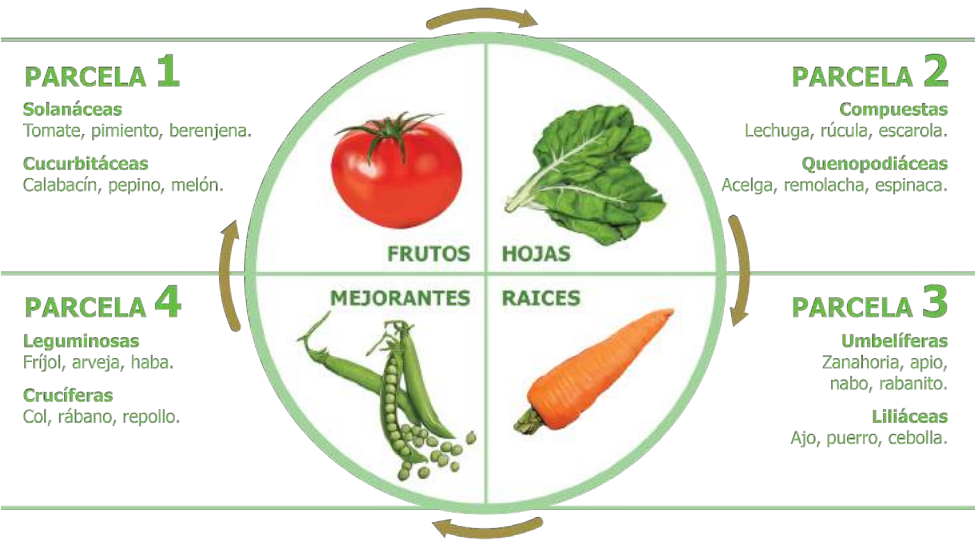


Ilustración 21. Esquema de rotación de cultivos

La rotación de cultivos es un conjunto de secuencias, en las cuales se ocupa el suelo con cultivos diferentes que se suceden en el tiempo con la finalidad de mantener la fertilidad del suelo (Kolmans y Vásquez, 1999). La rotación de cultivos tiene como objetivo el desarrollo de sistemas de producción diversificados, que aseguren la sostenibilidad del suelo, promoviendo cultivos que se alternen año a año para mantener la fertilidad de los suelos y reducir los procesos de degradación de suelos por erosión.

¿Cuáles son los beneficios de la rotación de cultivos?

Los principales beneficios de la rotación de cultivos son (Altieri y Nicholls, 2000; Altieri, 2009; FAO, 1998):

- Disminuye los problemas de arvenses, insectos plaga y enfermedades, disminuyendo la utilización de plaguicidas y previniendo problemáticas de contaminación de suelos.
- Incrementa el rendimiento de los cultivos, adicionando materia orgánica a los suelos y mejorando la fertilidad.
- Mejora y promueve el buen balance de nutrientes del suelo.
- Aumenta los contenidos de nitrógeno disponible en el suelo y reducen la necesidad de fertilizantes sintéticos.
- Disminuye incidencia de las afectaciones por plagas y enfermedades.

- Incrementa la diversificación de especies y por tanto la posibilidad de una alimentación más balanceada, que mejora la seguridad alimentaria para las familias campesinas.

¿Cómo se hace la rotación de cultivos?

Una forma de planificar una rotación de cultivos es dividir el área de la unidad productiva en parcelas similares. Por facilidad, se sugiere dividir las en un número igual al número de años y determinar los cultivos a suceder, con el fin de asegurar un trabajo adecuado. Se sugiere alternar y suceder cultivos con sistemas radiculares y requerimientos nutritivos diferentes (Kolmans y Vásquez, 1999). Así mismo, se requiere verificar que la vocación de uso del suelo esté acorde con los cultivos que se planea establecer.

En un plan de rotación se determina la ubicación del cultivo previo y del cultivo posterior, el tipo de suelo y todos los aspectos que permitan determinar fechas óptimas de siembra, períodos libres entre cultivos (previo y posterior) para una preparación adecuada del suelo. No todos los cultivos y variedades son siempre apropiados para determinadas ubicaciones y ambientes (Kolmans y Vásquez, 1999).

Aun cuando muchas rotaciones se pueden implementar, estas deben llevarse a cabo conforme a la siguiente pauta (Millington et al. 1990; Altieri y Nicholls, 2000):

- Crear una fertilidad equilibrada e incluir un cultivo extractivo.
- Incluir un cultivo de leguminosas.
- Separar cultivos con plagas similares y susceptibilidad a las enfermedades.
- Rotar cultivos susceptibles a las arvenses con cultivos que las detengan.
- Usar cultivos de abonos verdes y cobertura invernal del suelo.
- Aumentar el contenido de materia orgánica del suelo.

Es importante rotar un cultivo que produce gran cantidad de residuos con uno que produce pocos residuos, para mejorar la rentabilidad de los mismos. La rotación de cultivos se puede realizar con cultivos comerciales y de cobertura. Es ideal es en la que los cereales y pastos son combinados con leguminosas, crucíferas, malváceas, entre otras (FAO, 1998).

Como ejemplo, los cultivos que usualmente presentan buenos rendimientos en cultivos de rotación son: maíz, frijol, soya, girasol, maní, arroz, algodón y trigo (FAO, 1998).

A continuación se proponen cuatro grupos de cultivos que permiten la optimización y reciclaje de nutrientes en el suelo (Morales y Martínez, 2000):

Grupo I – Cultivo principal: maíz, sorgo, ajonjolí, papa y mijo.

Grupo II – Granos: avena, cebada, trigo, centeno, arroz, amaranta.

Grupo III – Pastos: guinea, ovido, insurgente y praderas.

Grupo IV - Diversos: alfalfa, frijol, haba, soya, leucaena, garbanzo y tréboles.

Los beneficios de la rotación de cultivos se reflejan cuando se combinan cultivos de un mismo grupo en forma consecutiva. Un cultivo puede ser sustituido por otro del mismo grupo en la rotación, sin destruir los beneficios de la rotación. Los mejores beneficios se logran cuando los cultivos del grupo I y II preceden al grupo III. Los cultivos del grupo IV nunca deben preceder al grupo III (Morales y Martínez, 2000).

El diseño de la rotación de cultivos debe ir de la mano de la experiencia tradicional del agricultor y depende de la zona donde se realice la práctica. La decisión depende de los efectos a largo y corto plazo (Morales y Martínez, 2000), considerando también que la rotación sea favorable para los procesos de comercialización, mejorando de esta manera la productividad del sistema agrícola.

3.2.7. Policultivos o cultivos asociados

¿Qué son los policultivos o cultivos asociados?

Los policultivos o cultivos asociados son sistemas de plantación simultánea de diversas especies vegetales en una misma parcela, que han demostrado ser complementarias entre sí y no generan competencias interespecíficas (Herrera, 2008).



Ilustración 22. Asociación de cultivos en hortalizas

¿Cuáles son los beneficios de los policultivos o cultivos asociados?

Al cultivar varias especies simultáneamente, se obtiene una serie de objetivos de manejo, sin que se requiera mayor subsidio o complementación. Los policultivos o cultivos asociados, presentan

muchas ventajas y beneficios frente al monocultivo, como son (Altieri y Nicholls, 2000; Herrera, 2008; Kolmans y Vásquez, 1999; Liebman, 1999; Nicholls, 2009):

- Mejoran la captura y reciclaje de nutrientes.
- Reducen la población de plagas, principalmente al incrementar la actividad natural de los enemigos naturales artrópodos depredadores y parasitoides, por hacer menos llamativo el cultivo, disminuyendo la aplicación y residualidad de plaguicidas en el suelo.
- Regulan las arvenses disminuyendo el uso de herbicidas.
- Estimulan la actividad biológica del suelo y su micro diversidad.
- Incrementan el contenido de materia orgánica del suelo.
- Se favorece la biodiversidad vegetal, animal y la microbiota.
- Se promueve la presencia de organismos polinizadores.
- Se hace un mejor uso del suelo, del agua y del espacio.
- Frecuentemente se puede obtener un mayor rendimiento en los policultivos, que el que se puede obtener en un monocultivo.
- Promueven mayor diversificación y balance alimentario familiar al disponer de diversos alimentos complementarios en la dieta.

¿Cómo se diseñan los policultivos o cultivos asociados?

Para implementar policultivos, en lo posible, se deben asociar cultivos que presenten características vegetativas y desarrollo radicular diferente, para aprovechar los diferentes niveles en la superficie y dentro del suelo, y así utilizar mejor la disponibilidad de los nutrientes y la humedad en los diferentes estratos del suelo (Kolmans y Vásquez, 1999).

Los policultivos pueden comprender combinaciones de cultivos anuales y perennes. Se pueden sembrar en forma espaciada, desde la combinación simple de dos cultivos en hileras intercaladas, hasta asociaciones complejas de doce o más siembras entremezcladas. Los componentes de un policultivo pueden sembrarse en la misma fecha o en otra diferente (cultivos de relevo); la cosecha de los distintos cultivos puede ser simultánea o a intervalos (Liebman, 1999).

**POLICULTIVOS
O CULTIVOS
ASOCIADOS:**
Biodiversidad y complementariedad



Ilustración 23. Asociación tradicional de cultivos: frijol, maíz y ahuyama

Existen diferentes tipos de asociación de cultivos, presentados en el Anexo 6. Adicionalmente, se presenta un gran potencial para desarrollar asociaciones mutualísticas de cultivos, destacando varias mezclas posibles de plantas anuales (Altieri y Nicholls, 1999).

- Mezcla de una especie de porte alto y otra de porte bajo (maíz-frijol).
- Mezcla de dos cultivos de porte alto, donde uno de ellos es de crecimiento más lento (yuca con maíz).
- Con cultivo de porte bajo y rápido crecimiento y otro de desarrollo inicial lento (soya con hortalizas).
- Cultivos precoces bajo un cultivo de porte alto.
- Cultivos de porte similar, pero de períodos vegetativos diferentes.
- Cultivos con susceptibilidad diferencial a factores ambientales (heladas, enfermedades).
- Cultivos que se complementan nutricionalmente (maíz con achiote o quínoa)

La selección de variedades apropiadas para las asociaciones de cultivos es un factor crucial en la sostenibilidad ambiental y económica del sistema agrícola, en función de esto, se debe buscar mejorar el manejo sostenible del suelo y que simultáneamente mejore la planeación en la rentabilidad de los cultivos; por ejemplo, los primeros años de siembra de frutales, en los cuales la retribución económica puede tardar, se pueden asociar con cultivos de ciclo corto para mejorar el ingreso económico en corto plazo.

3.2.8. Diversificación funcional

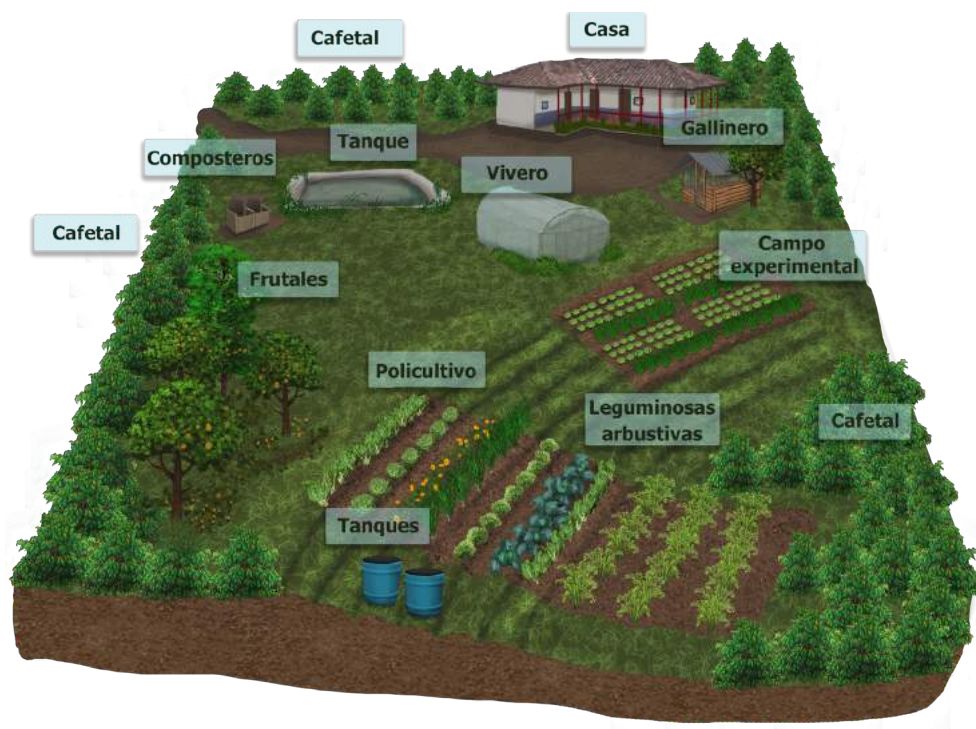


Ilustración 24. Ejemplo de diversificación funcional

¿Qué es la diversificación funcional?

La diversificación funcional es el proceso mediante el cual se aumenta el número de especies que hacen parte del agroecosistema y que cumplen una funcionalidad dentro del mismo. En este proceso se tienen tres tipos diferentes de diversificación, a saber: temporal, espacial y genética.

¿Cuáles son los beneficios de la diversificación funcional?

Las diferentes estrategias de diversificación presentan los siguientes beneficios (Altieri y Nicholls, 2004; Caballero, et al 2011; Nicholls, 2009):

- Mejoran los mecanismos de reciclaje de nutrientes, utilizando sistemas basados en leguminosas, árboles y la incorporación de animales.
- La mezcla de variedades disminuye la vulnerabilidad de agroecosistemas simplificados genéticamente.
- Mantienen una cobertura vegetal abundante, como medida eficaz para conservar suelo y agua.

- Hay una mayor abundancia y diversidad de enemigos naturales, manteniendo la regulación de plagas y disminuyendo con esto la aplicación de agroquímicos.
- Incrementan la sostenibilidad del agroecosistema, conforme aumenta la diversidad y aumentan las interacciones benéficas entre especies.
- Reducen el riesgo de los agricultores, especialmente aquellos en áreas con condiciones ambientales impredecibles. Si un cultivo falla, el rendimiento y la ganancia de los otros compensará la pérdida.

¿Cómo se hace la diversificación funcional?

Además de las prácticas ya citadas como rotación de cultivos, mezcla de variedades, policultivos, cultivos de cobertura y diversificación funcional, en el proceso de aumento de la diversidad existen varias estrategias posibles (Altieri y Nicholls, 2004, CIPAV, 2011; Iglesias et al, 2011), las cuales se mencionan a continuación:

Sistemas agroforestales.

Son sistemas en los cuales los árboles se cultivan junto con cultivos anuales y/o animales, esto ofrece los beneficios de los cultivos perennes y fortalece las relaciones de complementariedad entre los componentes, mientras promueve un uso múltiple de los agroecosistemas.

Sistemas silvopastoriles.

Son sistemas en los cuales se hace la incorporación de árboles en la producción pecuaria, la cual permite mejorar la gestión de los recursos naturales, incrementa la prestación de servicios ambientales (biodiversidad, agua, suelo y retención de carbono) y eleva la productividad de los suelos.

Sistemas agrosilvopastoriles.

En estos se genera la combinación o asociación deliberada de un componente leñoso (forestal o frutal) con ganadería y/o cultivos en el mismo terreno, con interacciones significativas ecológicas y/o económicas. Son sistemas complejos que integran pastos, cultivos forrajeros, cultivos varios, animales y diferentes recursos, incluyendo la forestería y la agricultura.

3.3. OBRAS BIOMECÁNICAS PARA EL MANEJO DEL SUELO Y LOS FLUJOS DE AGUA

En esta sección se presentan algunas obras biomecánicas que, al implementarse sobre el suelo e involucrando paralelamente el material vivo con el material inerte, pueden traer grandes beneficios para una adecuada gestión del suelo en relación con el agua, el aire, el fuego, el tránsito de personas y con el suelo en sí mismo.

También se presentan obras biomecánicas que promueven una adecuada gestión del agua, generando repercusiones directas sobre la conservación del suelo, especialmente en los momentos de condiciones climáticas extremas, como la sequía y la lluvia excesiva. Estas acciones son recomendables en suelos bajo diferentes usos y vocaciones, ya sean aquellos de tipo agrícola, pasando por los pecuarios, forestales y de conservación.

¿Qué son las obras biomecánicas?

Las obras biomecánicas son aquellas que combinan algún material vivo con material inerte para diseñar estructuras económicas y de fácil construcción, con las que se puede llegar a controlar la degradación de suelos por erosión, deslizamientos y lograr conservar la calidad de los suelos (De la Rosa A., Moosbrugger W., Otero W., Quintero C. A., Solanilla R., 1994); así como optimizar el uso, almacenamiento y efectos de los recursos hídricos.

¿Cuáles son los beneficios de las obras biomecánicas?

Los principales beneficios de las obras biomecánicas son (De la Rosa et al 1994):

- Permiten restaurar áreas con grados de degradación altos (surcos, cárcavas).
- Enriquecen el suelo con materia orgánica retenida.
- Facilitan la regeneración natural de especies vegetales.
- Contribuyen a la retención de sedimentos, evitando la pérdida de suelo y manteniendo su fertilidad.
- Facilitan el mantenimiento de animales en época de sequía debido al almacenamiento de agua.
- Reducen el efecto nocivo de la escorrentía por aguas lluvias.
- Son económicas, de fácil implementación y mantenimiento.
- Mejoran la gestión del suelo con relación al suelo mismo, el agua, el aire y el fuego.
- Sus aplicaciones son múltiples en los diferentes usos y vocaciones del suelo, incluyendo los agrícolas, pecuarios, forestales y de conservación.

¿Cómo se hacen las obras biomecánicas?

Las obras biomecánicas se pueden seleccionar de acuerdo al grado de erosión, al área disponible para realizar la obra biomecánica y las necesidades prioritarias del beneficiario.

Importante: en aquellos casos en los cuales se presenten riesgos importantes de remociones en masa, deslizamientos, avalanchas, desprendimientos o movimientos de inclinación del suelo, es necesario consultar con profesionales idóneos que cuenten con experiencia en el área de gestión del riesgo, obras civiles y geotecnia para efectos de la asesoría específica en la problemática.

A continuación se ilustran los principales tipos de obras biomecánicas (De la Rosa et al 1994):

OBRAS BIOMECÁNICAS:
Combinación de materiales vivos
e inertes para control de erosión

3.3.1. Revegetalización de taludes



Ilustración 25. Revegetalización de taludes

¿En qué consisten?

Consisten en la siembra directa de especies vegetales que amarren el suelo, para que se reactive el ciclo de mineralización de la materia orgánica en los taludes.

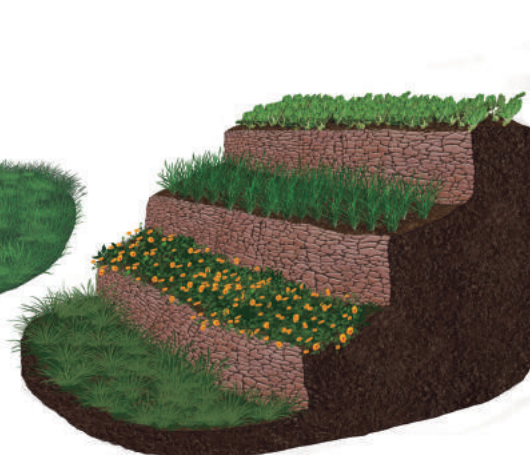
¿Para qué se usan?

Para recuperar la capa vegetal deteriorada o el suelo expuesto al agua y al viento que causa procesos de erosión. También se usan para evitar los deslizamientos de las capas superficiales del suelo, favoreciendo así la mineralización de la materia orgánica.

3.3.2. Trinchos, terrazas y gaviones



Trinchos



Terrazas

Gaviones

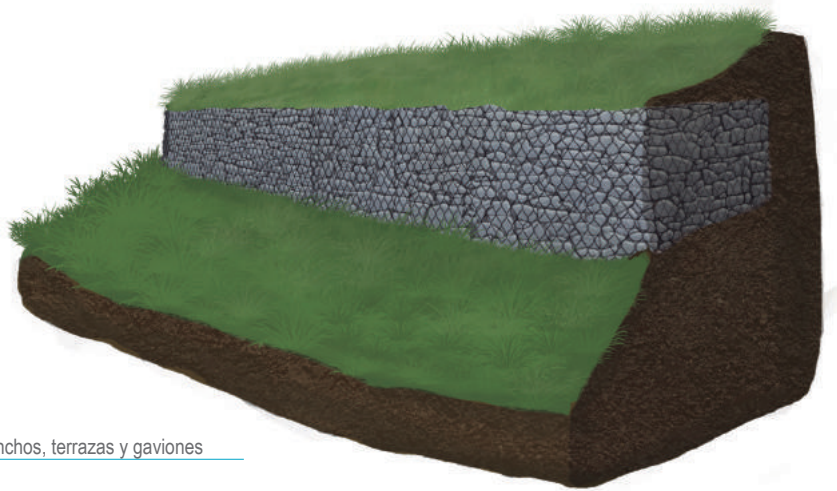


Ilustración 26. Trinchos, terrazas y gaviones

¿En qué consisten?

Los trinchos son estructuras de guadua, madera o piedra dispuestas en forma de muro, a fin de ayudar a formar terrazas para estabilizar taludes que han sufrido procesos de deslizamientos o en donde hay procesos de cárcavas permitiendo la recuperación de suelo perdido.

Las terrazas consisten en plataformas o escalones construidos a través de la pendiente y separados por paredes verticales protegidas por vegetación. En muchas ocasiones son estructuras de piedra, establecidas en suelos con pendientes, que permiten formar una superficie de terreno horizontal sobre la cual se cultiva sin que escurra el agua.

Los gaviones son estructuras de piedra destinados a detener o reducir el empuje horizontal debido a tierra, agua y vientos. Se usan para estabilizar y contener deslizamientos de mayor magnitud.

Los trinchos se usan para estabilizar el terreno, para ayudar a que la vegetación se establezca nuevamente y acabe de estabilizar el talud de forma permanente por el amarre de raíces.

Las terrazas se usan para detener la erosión del suelo cultivable, el arrastre de materia orgánica y el lavado de nutrientes del suelo; por otro lado, sirve para conservar la humedad del suelo.

Para conocer alternativas en la construcción de este tipo de estructuras, se sugiere consultar el Video experiencial Proyecto Cuenca Río las Ceibas: <https://www.youtube.com/watch?v=huw52AoGMYk>

SUELOS Y REVEGETALIZACIÓN

3.3.3. Surcos en contorno, a partir de trazado de curvas de nivel



Ilustración 27. Trazado de curvas de nivel con un nivel tipo "A"

¿En qué consisten?

Surcos en contorno: consiste en realizar todas las labores culturales y métodos de siembra siguiendo las curvas de nivel en contra de la pendiente.

Curvas de nivel: son líneas o trazos imaginarios que tienen la misma altura en cualquier punto de la pendiente.

La forma más rápida de delinearlas es con un nivel topográfico o un inclinómetro, pero en el caso de no disponer de esta tecnología, son útiles los niveles tipo "A" y el "caballete" de obras.

¿Para qué se usan?

Para impedir el paso del agua que se desliza por la superficie, para disminuir su velocidad y su capacidad de arrastre del suelo, así como favorecer la infiltración del agua.

Para ubicar y determinar el número de terrazas de piedra, zanjas de infiltración o barreras vivas, que serán necesarias para conservar o proteger de manera más efectiva la pérdida del suelo.

Se sugiere su uso en todos los suelos que tengan pendiente, así esta sea muy leve. En caso de pendiente muy fuerte, las curvas de nivel son muy importantes más no son suficientes, pues se requiere su combinación con terrazas, zanjas y barreras vivas.

Su aplicación es múltiple en los diferentes usos y vocaciones del suelo, incluyendo los agrícolas, pecuarios, forestales y de conservación.

3.3.4. Trazado de senderos y zonas de circulación en áreas de conservación



Ilustración 28. Trazado de senderos en zonas de conservación

¿En qué consisten?

Son caminos que permiten recorrer con facilidad y menor impacto un área determinada de conservación.

¿Para qué se usan?

Son empleadas para trazar límites y proteger el suelo a impactarse, aportando a la conservación de este y otros componentes naturales de los ecosistemas. Adicionalmente, presentan otras ventajas en las áreas de conservación, entre estas se encuentran:

- Servir de acceso y ruta de ecoturismo para los visitantes.
- Ser un medio para el desarrollo de actividades educativas.
- Servir para propósitos administrativos del área protegida

Es importante que la construcción de senderos para protección del suelo en las áreas de conservación, busque minimizar los impactos que se generarían en el paisaje, la fauna, la flora y en general la biota asociada al suelo. Estos senderos pueden ir acompañados de puntos de recolección de residuos, para evitar la mala disposición y contaminación al interior de las zonas.

3.3.5. Barreras corta fuegos en zonas forestales o de conservación



Ilustración 29. Barreras corta fuego en zonas de conservación

¿En qué consisten?

Es el diseño de mecanismos naturales que permitan disminuir la incidencia y propagación de incendios, haciendo uso de especies (cuando ecológicamente sea posible) en las que se alternen las inflamables con las que resisten mejor al fuego. Consiste igualmente en introducir espacios de interrupción de la vegetación, con el fin de facilitar el control de la propagación del fuego en caso de incendio.

¿Para qué se usan?

Se usan para disminuir la incidencia o propagación del fuego en caso de incendios, de tal manera que se proteja la actividad biológica del suelo y se conserven sus propiedades físicas y químicas al disminuir el avance del fuego. Estas prácticas también generan beneficios adicionales en la conservación del ecosistema o agroecosistema en su conjunto.

3.3.6. Zanjas de infiltración o banquetas



Ilustración 30. Trazado de zanjas para prevenir la erosión.

¿En qué consisten?

Son canales que se construyen a nivel, en dirección transversal a la pendiente, para retener, conservar y ayudar a infiltrar el agua de lluvia que cae sobre las laderas.

Se construyen a partir de las curvas de nivel, sobre las cuales con una pala o azadón se cava una zanja entre 40 y 60 cm de ancho, por 40 o 50 cm de profundidad y entre 2 a 5 metros.

Entre los aspectos a tener en cuenta se resalta que debe realizarse una limpieza periódica cada vez que se llene con tierra y/o sedimentos.

¿Para qué se usan?

Se usan para retener el agua de escorrentía, que proviene de las partes altas del terreno. Favorecer el drenaje superficial del suelo, la protección y estabilización de taludes y su vez permitir el establecimiento de barreras vivas y aprovechamiento del suelo.

3.3.7. Pocetas o lagunetas para cosechar agua



Ilustración 31. Laguneta para cosechar agua

¿En qué consisten?

Son pozos excavados en áreas donde se concentra el agua lluvia y de nacederos. Están diseñadas para abastecer de agua a través de mangueras, para capturar agua directamente de la lluvia o para recibir el agua de escorrentía por medio de acequias. En el caso de los nacederos, se sugiere revisar la normatividad específica en cuanto a criterios de protección y usos permitidos.

¿Para qué se usan?

Almacenamiento de agua para consumo doméstico o animal.

3.4. ABONOS ORGÁNICOS Y BIOFERTILIZANTES

Los abonos orgánicos y biofertilizantes presentan efectos positivos sobre la fertilidad del suelo porque contribuyen a subsanar deficiencias nutricionales inmediatas, de mediano o de largo plazo.

3.4.1. Abonos orgánicos sólidos

Existen diferentes procesos para la producción de abono sólido. Entre los más relevantes se encuentra el compostaje y el lombricomposteo.

¿Cuáles son los principales beneficios de los abonos orgánicos sólidos?

Entre los principales beneficios de los abonos orgánicos sólidos se encuentran (Álvarez, 2011; Román et al, 2013):

- Ayudan a mantener y aumentar el contenido de la materia orgánica en los suelos.

- Promueven el reciclaje de nutrientes.
- Mejoran la disponibilidad de los nutrientes en los suelos ácidos.
- Incrementan la capacidad de intercambio catiónico del suelo.
- Estabilizan la reacción del suelo, debido a su alto poder de regulación (buffer).
- Mejoran las propiedades físicas del suelo: estructura, porosidad, retención de humedad.
- Reducen la erosión hídrica y eólica del suelo.
- Aportan microorganismos benéficos, enzimas y otros metabolitos que participan en la transformación de la materia orgánica.
- Son fuente de fitohormonas que aportan al desarrollo y crecimiento de las plantas.
- Favorecen el crecimiento de los cultivos.

El tipo de abonos orgánicos, con su forma y dosis de aplicación, dependerá de las directrices de la autoridad sanitaria correspondiente.

3.4.2. Compostaje

¿Qué es el compostaje?

El objetivo del proceso de compostaje es favorecer la descomposición de los residuos orgánicos biodegradables, a través de la acción de microorganismos aeróbicos (Álvarez, 2011), lo cual genera nutrientes para el suelo al tiempo que se da un uso útil a dichos residuos. El compostaje conduce a una etapa de maduración, caracterizada por su estabilidad química y microbiológica (MVCT, 2012).

De esta manera y con adecuadas condiciones de humedad y temperatura, se asegura una transformación higiénica de los restos orgánicos en un material homogéneo y asimilable por las plantas (Román et al, 2013). Es posible interpretar el compostaje como el sumatorio de procesos metabólicos complejos realizados por parte de diferentes microorganismos, que en presencia de oxígeno, aprovechan el nitrógeno (N) y el carbono (C) presentes para producir su propia biomasa (Román et al, 2013). En este proceso, adicionalmente, los microorganismos generan calor y un sustrato sólido, mejorando la relación C/N.

Según la temperatura generada durante el proceso, se reconocen tres etapas principales en un compostaje, además de una etapa de maduración de duración variable (Román et al, 2013):

- Fase Mesófila. El material de partida comienza el proceso de compostaje a temperatura ambiente y en pocos días (e incluso en horas), la temperatura aumenta hasta los 45°C. Este aumento de temperatura se genera debido a la actividad microbiana, ya que en esta fase los microorganismos (mesófilos) utilizan las fuentes sencillas de C y N generando calor. La descomposición de compuestos solubles, como azúcares, produce ácidos orgánicos y, por tanto, el pH puede bajar (hasta cerca de 4.0 o 4.5). Esta fase dura pocos días (entre dos y ocho días).

- Fase Termófila o de Higienización. Cuando el material alcanza temperaturas mayores que los 45°C, los microorganismos son reemplazados por aquellos que crecen a mayores temperaturas (termófilos), que actúan facilitando la degradación de fuentes más complejas de C, como la celulosa y la lignina. Estos microorganismos actúan transformando el nitrógeno en amoníaco, por lo que el pH del medio sube. Esta fase puede durar desde unos días hasta meses, según el material de partida, las condiciones climáticas y del lugar, entre otros factores. Esta fase también recibe el nombre de fase de higienización, ya que el calor generado destruye bacterias y contaminantes de origen fecal como *Escherichia coli* y *Salmonella* spp. Así mismo, elimina huevos de helminto, esporas de hongos fitopatógenos y semillas de malezas que pueden encontrarse en el material de partida, dando lugar a un producto higienizado.

- Fase de Enfriamiento o Mesófila II. Una vez agotadas las fuentes de carbono y, en especial el nitrógeno en el material en compostaje, la temperatura desciende nuevamente hasta los 40-45°C; al bajar de 40 °C, los organismos mesófilos reinician su actividad y el pH del medio desciende levemente. Esta fase de enfriamiento requiere de varias semanas y puede confundirse con la fase de maduración.

¿Cómo se hace el compostaje?

Para preparar el compostaje, los residuos con altos contenidos de carbono (pajas y otros residuos fibrosos) se mezclan con materiales con alto contenido de nitrógeno (estiércol fresco, purín, gallinaza, leguminosas) (Álvarez, 2011; Román et al, 2013).

Con el fin de conocer las condiciones técnicas y normativas para el aprovechamiento de los residuos sólidos, se recomienda consultar el reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico, RAS (MVCT, 2012). A continuación se enlistan ejemplos de materiales que se pueden compostar (Román et al, 2013):

Las fuentes de carbono son por ejemplo:

- Restos de cosecha, plantas del huerto o jardín.
- Ramas trituradas o troceadas procedentes de podas, hojas caídas de árboles y arbustos. Hierba segada y heno. Césped o pasto (preferiblemente en capas finas y previamente desecadas).
- Virutas de aserrín (en capas finas).
- Servilletas, pañuelos de papel, papel y cartón (no impresos ni coloreados, ni mezclados con plástico).

Las fuentes de nitrógeno son por ejemplo:

- Residuos de coberturas verdes.
- Estiércol de ganado porcino, vacuno, caprino, conejo y ovino, y sus camas de corral. Porcinaza y gallinaza.

El nitrógeno se elimina principalmente por transformación en sus formas gaseosas y la consecuente emisión al aire. Para evitar las pérdidas de nitrógeno, se sugiere limitar el tiempo de compostaje y cubrir la pila de compost.

Las fuentes de potasio son por ejemplo:

- Frutas frescas
- Harina de rocas como grava, biotita, mica, feldespato, granito y arena verde.
- Algas marinas
- Ceniza de madera

El potasio se elimina por escorrentía, por lo cual se sugiere protegerlo del agua para mantenerlo en el compost.

Otros residuos fuente de potasio, calcio y carbohidratos:

- Restos orgánicos de cocina en general (frutas y hortalizas). Cáscaras de huevo (preferible trituradas). Cáscaras de frutos secos. Papas estropeadas, podridas o germinadas.

Fuentes de fósforo

- Residuos de pescado
- Harina de rocas

Al elaborar compost se considera importante tener una adecuada relación carbono-nitrógeno. Los materiales ricos en nitrógeno (baja relación C/N) no contribuyen a una buena estructura, pero aportan nutrientes. La mezcla de diferentes materiales contribuye a obtener una composición balanceada de nutrientes (relación C/N inicial optima es de 30) y una estructura que permita una aireación adecuada.

Proceso de preparación del compost en un sistema abierto (Román et al, 2013).

- Elegir el área. Es preferible un área protegida de vientos fuertes, a prudente distancia de nacimientos de agua (más de 50 metros) para evitar contaminaciones, y de poca pendiente (< 4%), evitando problemas de lixiviados y erosión.
- Picar el material y amontonarlo. El material a compostar se puede picar manual o mecánicamente de preferencia en fragmentos menores a cinco cm.
- Realizar el volteo. Normalmente, se hace un volteo semanal durante las tres a cuatro primeras semanas y luego pasa a ser un volteo quincenal. Esto depende de las condiciones climáticas y de la humedad y aspecto del material que se está compostando. Se hace un control de aspecto visual, olor y temperatura para decidir cuándo hacer el volteo.



Ilustración 32. Volteo del compost

- Comprobar que ha finalizado el compostaje (en fase de maduración). Para comprobar que el compost ha entrado en fase de maduración se pueden seguir las siguientes pautas (Kolmans y Vásquez, 1999; Román et al, 2013):
 - Se requiere que el compostaje aún húmedo no aumente de temperatura nuevamente a pesar de que se realice el volteo. Esto se puede comprobar introduciendo un machete o instrumento metálico de 50 cm hacia el centro de la pila, si al cabo de 10 minutos, al retirar el machete se siente caliente, quiere decir que el material aún está en proceso de descomposición.
 - Se puede hacer un cuarto (división de la pila en 4 partes iguales) y tomar de cada cuarto tres muestras de 100 gramos de material compostado, introducirlas en bolsas plásticas y dejarlas por dos días en un lugar fresco y seco. Si al cabo de este tiempo, la bolsa aparece hinchada (llena de aire) y con condensación de humedad puede ser indicativo de que el proceso aún no ha finalizado.
 - Es importante que el material esté suelto, estructura migajón, sin presencia de terrones.
 - Un color marrón oscuro es el adecuado.
 - Muy oscuro, grasoso o con mal olor indica una fermentación por exceso de humedad y poca aeración dentro de la ruma.
 - Es importante que no se presente exceso de humedad.
 - Un pH muy ácido es consecuencia de mala aeración y exceso de humedad o mezcla inadecuada de materiales.
 - Cernir o tamizar. Una vez se ha comprobado que el compost está maduro, se procede a realizar el tamizado del material, con el fin de eliminar los elementos gruesos y otros contaminantes (metales, vidrios, cerámicas, piedras).

En los casos en los que sea posible se podrán realizar análisis de laboratorio para evaluar las características del compost.

Las técnicas de compostaje se dividen en sistemas cerrados y sistemas abiertos. Los sistemas abiertos son aquellos que se hacen al aire libre (no obstante que se desarrollen al aire libre se sugiere protegerlos de la lluvia y el sol excesivo, para prevenir la pérdida de nutrientes), y los cerrados los que se hacen en recipientes o bajo techo.



Ilustración 33. Volteo del compost. Sistemas cerrados y abiertos para compostaje.

Para mayor información sobre compostaje, su preparación y utilización se sugiere consultar el enlace <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>



Ilustración 34. Ejemplo de estructura para lombricomposteo.

3.4.3. Lombricomposteo

¿Qué es el lombricomposteo?

El lombricomposteo es el producto obtenido mediante la transformación de los residuos orgánicos biodegradables, la cual se realiza generalmente por lombrices rojas californianas (*Eisenia foetida*) (Álvarez et al, 2011).

La eficiencia de las lombrices para transformar, en breve tiempo, grandes volúmenes de residuos orgánicos en lombricomposteo, está relacionada con su capacidad de consumir una cantidad de residuos biodegradables superior a su peso vivo y excretar en forma digerida el 60% de las sustancias ingeridas, gracias a la acción de los microorganismos presentes en su tracto digestivo. El resultado final de este proceso es un compuesto inodoro, de estructura grumosa y pH neutro, rico en sustancias húmicas, en enzimas y en microorganismos saludables para el suelo (Álvarez et al, 2011).

¿Cómo se hace el lombricompuesto?

La lombriz roja californiana requiere de altas concentraciones de materia orgánica para su alimentación, así como de ciertas condiciones ambientales como una temperatura óptima de 19-25°C, con humedad del 80%, pH de 6,5-7,5 y baja luminosidad. La supervivencia de la lombriz depende de la cantidad de materia orgánica en el medio, disminuyendo la supervivencia según baja el porcentaje de materia orgánica (Román et al, 2013).

Los materiales que se pueden añadir al lombricompuesto son: estiércol, papel, cartón sin pintura, frutas, vegetales, cáscara de huevo, poda o corte de pasto, paja, residuo de cosecha, pulpa de café, granos de cereales.

Los principales componentes para llevar a cabo el lombricompuesto son (Román et al, 2013):

- Cama o contenedor: existen diferentes opciones, tamaños y calidad de contenedores o camas para cultivar lombrices, lo importante es que sean recipientes abiertos para que se facilite la alimentación y la visualización, normalmente estos contenedores son de madera. Las lombrices normalmente profundizan en el sustrato buscando alimento, pero no lo hacen más allá de 40 cm, por lo que la cama debe tener una profundidad de 50-60 cm y 1 m de ancho, siendo el largo en función del área disponible en la finca. La cama debe estar protegida de la lluvia, la luz del sol y temperaturas extremas en tiempos de heladas o invierno.
- Sustrato: normalmente se emplea una mezcla de suelo con material orgánico fresco (restos de vegetales, estiércol vacuno, porcínaza, gallinaza, etc.) en una proporción de 3:1, o material orgánico compostado con material fresco en proporción 2:1, respectivamente.
- Pie de cría-lombriz: el pie de cría se obtiene comercialmente. La recomendación más común es un kilo de lombriz comercial por metro cuadrado de lecho. También se puede obtener el pie de cría a partir de las camas.

3.4.4. Biofertilizantes



Ilustración 35. Ejemplo de elaboración y almacenamiento de biofertilizantes.

¿Qué son los biofertilizantes?

Los biofertilizantes son el resultado de la descomposición mediante la acción de microorganismos de materia orgánica disuelta en agua, transformando elementos que no podrían ser aprovechados directamente por las plantas en sustancias fácilmente asimilables por las mismas (FAO, 2010, 2013).

Hay dos tipos de biofertilizantes, los aeróbicos que se producen en presencia de oxígeno y los anaeróbicos que se elaboran en ausencia del mismo. También existen los biofertilizantes enriquecidos, cuando se les añaden compuestos o elementos minerales para tener un producto que aporte nutrientes a las plantas (FAO, 2010, 2013). Los biofertilizantes contribuyen a mejorar la actividad biológica del suelo y permiten una mayor disponibilidad de macro y micronutrientes asociados a los diferentes ciclos biogeoquímicos del suelo.

¿Cuáles son los beneficios de los biofertilizantes?

Los principales beneficios de los biofertilizantes son (FAO, 2010, 2013):

- Aportan enzimas, aminoácidos y otras sustancias al suelo.
- Aumentan la actividad biológica del suelo y la materia orgánica.
- Promueven la diversidad y abundancia de microorganismos eficientes, los cuales son benéficos para el suelo.
- Estabilizan el pH del suelo, no alteran el pH del suelo ya que son sustancias de pH neutro a ligeramente ácido.
- Disminuyen o eliminan el uso de fertilizantes y plaguicidas de síntesis, disminuyendo con esto los problemas de contaminación química de los suelos.
- Mejoran la estructura del suelo y la capacidad de retención de agua.
- Promueven una mejor nutrición de la planta.

¿Cómo se hacen los biofertilizantes?

Para obtener detalles acerca de dosis de uso, periodo, momento de aplicación, rendimiento y aplicación de los biofertilizantes se sugiere revisar FAO (2010, 2013) en los siguientes enlaces <http://www.fao.org/3/a-i3360s.pdf> y <http://www.fao.org/3/a-as435s.pdf>

3.4.5. Bioestimulantes o enraizadores.



Ilustración 36. Efecto de los enraizadores

¿Qué son los bioestimulantes o enraizadores?

Son estimulantes orgánicos que se preparan a base de vegetales que poseen sustancias que ayudan y promueven el desarrollo de las distintas partes de la planta, fundamentalmente, en sus primeros estadios (FAO, 2010, 2013).

¿Cuáles son los beneficios de los bioestimuladores o enraizadores?

Entre los principales beneficios de los bioestimulantes se encuentran:

- Facilitan la absorción y el traslado de nutrientes.
- Estimulan una mayor y rápida formación de raíces.
- Contienen fitohormonas que estimulan el crecimiento de las raíces.
- Favorecen la germinación, inducción de tallo y raíces secundarias.

¿Cómo se hacen los bioestimulantes?

Un ejemplo de preparación de bioestimulantes se puede consultar en: FAO, 2010, 2013, en la página web <http://www.fao.org/3/a-i3360s.pdf> y <http://www.fao.org/3/as435s.pdf>

3.5. CONTROL BIOLÓGICO Y BIOPREPARADOS

Prácticas como el control biológico y la alelopatía contribuyen a mejorar el equilibrio natural de plagas y arvenses en los campos de cultivo. Esto genera beneficios directos sobre el suelo, dado que se disminuye la aplicación de insecticidas, fungicidas y herbicidas de síntesis química, que generan problemas de contaminación en los suelos, disminuyendo además la biodiversidad asociada a los mismos y poniendo en riesgo la salud del suelo, plantas, animales y seres humanos que se encuentren a su alrededor.

En efecto, existen diversos factores que regulan la evolución de los plaguicidas en el suelo, entre éstos se encuentran: las propiedades físico-químicas del plaguicida, así como las características del suelo (coloides del suelo, arcillas, materia orgánica, capacidad de intercambio, pH, textura y microorganismos), y la influencia del medio (temperatura, lluvia y cubierta vegetal), entre otros (Avellaneda, 2008; Valencia, 2005).

En el caso de ecosistemas estratégicos, zonas de conservación o producción forestal, se sugiere hacer uso especial de las prácticas y biopreparados para el control biológico, con el fin de mantener el aspecto natural del entorno.

En el marco de lo anterior, se presentan las prácticas de control biológico de plagas, alelopatía y principales tipos de biopreparados para el control biológico (bioinsecticidas y biofungicidas), siendo estos últimos una síntesis y adaptación de los elementos presentados por FAO (2010 y 2013).

3.5.1. Control biológico



Ilustración 37. Control biológico del pulgón por *Coccinellidae*

¿Qué es el control biológico?

El control biológico de plagas consiste en promover la actividad, sobrevivencia y reproducción de los biorreguladores o enemigos naturales presentes en el cultivo y sus alrededores a fin de incrementar su impacto sobre las plagas (Vázquez, 2008). En ese sentido, el control biológico es el proceso de regulación de especies de plagas por medio de la importación, incremento y/o conservación de los enemigos naturales (Altieri y Nicholls, 2000).

¿Cuáles son los beneficios del control biológico?

Los principales beneficios del control biológico son (Altieri y Nicholls, 2000; Altieri, 2009):

- Disminuyen o eliminan la aplicación de insecticidas, herbicidas y fungicidas de síntesis química, mejorando con esto la calidad del suelo y reduciendo los problemas de contaminación química del suelo.
- Disminuyen la incidencia de plagas y enfermedades.
- Realizan una regulación de plagas y enfermedades asegurada mediante la actividad estimulada de los agentes de control biológico, alcanzada mediante la manipulación de la biodiversidad y por la introducción y/o conservación de los enemigos naturales.

¿Cómo se hace el control biológico?

Para la puesta en marcha del control biológico se requiere reemplazar los sistemas simples por sistemas diversos o agregar diversidad a los sistemas existentes. Para esto se sugiere (Altieri y Nicholls, 2000):

- Proveer huéspedes/presas alternativas en momentos de escasez de la plaga.
- Proveer alimentación alternativa (polen y néctar) para los parasitoides y depredadores adultos.
- Mantener poblaciones aceptables de la plaga por períodos extendidos a manera de asegurar la sobrevivencia continua de los insectos benéficos.

Así mismo, se sugiere recolectar información sobre los tipos de enemigos naturales que se desean conservar, por tanto es necesario un conocimiento profundo de la plaga y sus enemigos naturales.

Adicionalmente, en el Anexo 7 se presentan posibles acciones para proveer el hábitat y los recursos alimenticios para los enemigos naturales y favorecer su equilibrio natural (Nicholls, 2009; Vázquez, 2008).

3.5.2. Alelopatía

¿Qué es la alelopatía?

El término alelopatía fue utilizado por primera vez para referirse a los efectos perjudiciales o benéficos, que son directa o indirectamente el resultado de la acción de compuestos químicos, que liberados por una planta, ejercen su acción en otra (Blanco, 2006).

Plantas acompañantes



Plantas trampa

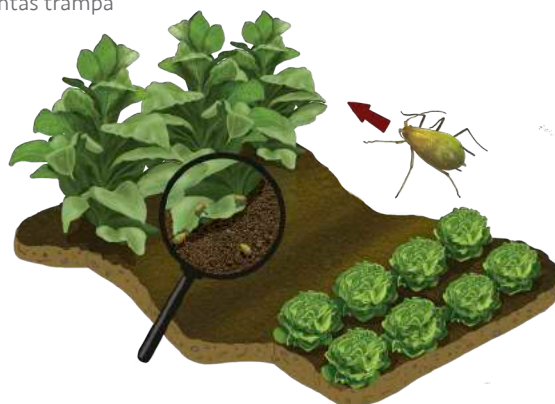


Ilustración 38. Ejemplos de plantas acompañantes y plantas repelentes

Actualmente el concepto de alelopatía se ha ampliado y se refiere a cualquier proceso que involucre metabolitos secundarios producidos por las plantas, microorganismos, virus y hongos que influyen en el crecimiento y desarrollo de sistemas agrícolas y biológicos (Blanco, 2006).

La alelopatía es utilizada por su capacidad de liberar al entorno compuestos químicos que ocasionan un efecto sobre otra especie vegetal, animal o microbiológica (Herrera, 2008).

¿Cuáles son los beneficios de la alelopatía?

Los principales beneficios de la alelopatía son:

- Disminuyen el uso de plaguicidas de origen sintético y por tanto se reduce la contaminación química del suelo y del agroecosistema.
- Mejoran el rendimiento de los cultivos debido a asociaciones positivas entre especies.

¿Cómo se hace la alelopatía?

Existen diferentes tipos de control alelopático en función del tipo de planta, a saber:

Plantas repelentes: son plantas de aroma fuerte, empleadas para mantener alejados los insectos de los cultivos. Este tipo de plantas protegen los cultivos presentes hasta 10 metros de distancia, algunas repelen un insecto específico y otras varias plagas. Generalmente, las plantas repelentes se siembran bordeando los extremos de cada surco del cultivo o alrededor del cultivo para ejercer una barrera protectora (Méndez, 2008). Las feromonas de estas plantas mantienen alejados determinados insectos que pueden llegar a ser plagas para una determinada planta (Gómez y Agudelo, 2006).

Plantas trampa: son plantas con fitohormonas específicas que atraen insectos. Se siembran alrededor de la zona donde se encuentra el cultivo para desviar los insectos y así evitar su daño. Pueden ser sembradas alrededor de los surcos o entre ellos, de modo que las plagas se agrupen allí y se puedan atrapar y eliminar manualmente con facilidad. Los cultivos trampa también pueden servir para que los insectos depredadores y parasitoides se reproduzcan de forma natural, aumentando así la población del control biológico nativo (Gómez y Agudelo, 2006).

Plantas acompañantes: son plantas que se siembran intercaladas en cultivos, produciendo ciertos beneficios como son: concentrar aceites esenciales a sus plantas vecinas, provocar efectos negativos sobre los insectos plagas (la combinación de éstas plantas produce un tercer olor diferente a cada una de ellas, logrando un olor no atractivo a la plaga) y/o corregir deficiencias de elementos menores o suministrar agua a sus plantas vecinas para su buen desarrollo (Gómez y Agudelo, 2006). Las plantas acompañantes se refieren al uso de plantas por medio de las cuales los cultivos se encuentran en combinación exitosa con otras plantas, para proporcionarse un beneficio mutuo (Méndez, 2008).

Plantas antagónicas: son las plantas que exhalan compuestos aleloquímicos inhibidores a través de su sistema radicular, causando un efecto negativo en las plantas vecinas, hasta llegar a eliminarlas (Gómez y Agudelo, 2006).

En el Anexo 8 se presentan algunos ejemplos de plantas repelentes, plantas trampa, plantas acompañantes y plantas antagónicas.

3.5.3. Bioinsecticidas.



Ilustración 39. Ejemplo de preparación de bioinsecticidas

¿Qué son los bioinsecticidas?

Los bioinsecticidas son biopreparados que se elaboran a base de sustancias naturales con propiedades reguladoras, de control o de eliminación de insectos considerados plagas para los cultivos. Se extraen de alguna planta o de los propios insectos, pueden ser de origen mineral o desarrollados a partir de microorganismos con capacidades de controlar plagas (FAO, 2010, 2013).

Los más comunes y de uso para los agricultores son aquellos producidos a partir de infusiones, macerados, purines y decocciones. En líneas generales se considera que la planta que no es atacada por un insecto, puede convertirse en el ingrediente o insumo para su preparación (FAO, 2010, 2013).

¿Cuáles son los beneficios de los bioinsecticidas?

Los principales beneficios de los bioinsecticidas son (FAO, 2010, 2013):

- Disminuyen el uso de insecticidas de síntesis química, limitando de esta manera los procesos de contaminación química del suelo.
- No generan resistencia en las plagas, como sucede con los insecticidas y fungicidas químicos.
- Poseen bajos riesgos para la salud humana.
- Son de bajo costo
- Se degradan fácilmente.

¿Cómo se hacen los bioinsecticidas?

Para más detalles acerca de dosis de uso, período, momento de aplicación, rendimiento y aplicación de los bioinsecticidas se sugiere revisar FAO (2010, 2013) en la página web <http://www.fao.org/3/a-i3360s.pdf> y <http://www.fao.org/3/a-as435s.pdf>



Ilustración 40. Ejemplo de preparación de biofungicidas.

3.5.4. Biofungicidas.

¿Qué son los biofungicidas?

Los biofungicidas son biopreparados que se elaboran con elementos minerales y/o partes de vegetales y/o cultivos de microorganismos que poseen propiedades para impedir el crecimiento o eliminar los hongos que provocan enfermedades en las plantas. Se aplican mediante rociado, pulverizado o remojado, en el caso de las semillas (FAO, 2010, 2013).

Por su forma de actuar pueden ser:

- **Protectores.** Se aplican recubriendo la parte externa de la planta, y actúan como una barrera contra el hongo que potencialmente puede producir la enfermedad.
- **Sistémicos.** Actúan creando o dotando de defensas a las plantas por dentro. Son absorbidos a través del follaje o de las raíces y se movilizan a toda la planta (FAO, 2010, 2013).

¿Qué beneficios tienen los biofungicidas?

Los principales beneficios de los biofungicidas son (FAO, 2010, 2013):

- Disminuyen o eliminan el uso de fungicidas de síntesis química, limitando los problemas de contaminación química de suelos.
- Previenen la propagación de enfermedades transmitidas por hongos en los sistemas agrícolas

- Protegen las plántulas en los primeros estadios de desarrollos de enfermedades.
- Actúan como estímulo para el desarrollo radicular.

¿Cómo se hacen los biofungicidas?

Para más detalles acerca de dosis de uso, período, momento de aplicación, rendimiento y aplicación de biofungicidas se sugiere revisar FAO (2010, 2013) en la página web <http://www.fao.org/3/a-i3360s.pdf> y <http://www.fao.org/3/a-as435s.pdf>

BIBLIOGRAFÍA

Altieri, M. 1999. *Agroecología. Bases científicas para una agricultura sostenible*. Editorial Nordan-Comunidad. Montevideo (Uruguay).

Altieri, M., y Nicholls, C.; 2000. *Agroecología Teoría y práctica para una agricultura sostenible*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. México D.F (México). Primera edición.

Altieri, M., y Nicholls, C. 2004. *Una base agroecológica para el diseño de sistemas diversificados de cultivo en el Trópico*. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología, 73, 8-20.

Altieri, M. 2009. *El estado del arte de la agroecología: Revisando avances y desafíos*. En: Altieri, M. (Ed.), Vertientes del pensamiento agroecológico: fundamentos y aplicaciones. SOCLA, Medellín (Colombia).

Álvarez, A; Molinet, Y; González, P; Damas R; Ruiz, R. 2011. *Descontaminación de residuales, producción de biomasa y energía, y reciclaje de nutrientes*. En: Funes-Monzote, F: Innovación agroecológica, mitigación y adaptación al cambio climático. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). San José de Las Lajas (Cuba).

Amado, T.J.C. y Wildner, L. do P. 1991. *Adubação verde*. En: Manual de Uso, Manejo e Conservação do Solo e da Água. Santa Catarina. Secretaria de Estado da Agricultura e Abastecimento. Florianópolis. pp. 105-117.

Avellaneda, L.M. 2008. *Actividades enzimáticas en suelos con y sin historia de uso agrícola y manejo convencional y de sus consorcios bacterianos*. Tesis Magister En Ciencias Químicas. Departamento de Química. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia. sede Bogotá. Bogotá (Colombia)

Blanco, Y; 2006. *La utilización de la alelopatía y sus efectos en diferentes cultivos agrícolas*. *Cultivos Tropicales*, 5-16.

Caballero, N; García E; Chaveco, O; Permuy, N; Bruzón, Y; Serrano A. 2011. *Claves para transformar fincas convencionales en agroecológicas diversificadas*. En: Funes-Monzote, F: Innovación agroecológica, mitigación y adaptación al cambio climático. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). San José de Las Lajas (Cuba).

Castellanos, D; Enríquez, L. 2009. *Evaluación in vitro del efecto Inhibidor de extractos Fermentados (Purines) de Chipaca (Bidens pilosa) Sobre el crecimiento de Phytophthora infestans*. Brasil Revista Brasileira de Agroecología v.4 fasc.2 p.1830 – 1834.

Coca, A; Castellanos, D; Forigua, Wilmer; León, T. 2013. *Efectos de Purines de Chipaca (Bidens pilosa L.) y de Microorganismos en la Incidencia y Severidad de Phytophthora infestans (Mont.) De Bary en Papa Criolla (Solanum phureja) Cultivada en Tenjo (Cundinamarca, Colombia)*. Revista Facultad Nacional de Agronomía - Medellín, Julio-Diciembre, 7009-7020.

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. 1994. *Cuidemos nuestra tierra. Una vida mejor mediante el aprovechamiento de los recursos en el campo*. Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. Bogotá (Colombia).

CIAT. 2003. *Barreras vivas. Proyecto Comunidades y Cuencas*. Guillermo Giraldo Ávila. Cali, Valle del Cauca (Colombia).

CIPAV. 2011. *Manual 1. Establecimiento y manejo de sistemas silvopastoriles*. Bogotá (Colombia).

COUSSA-SAGARPA. 2012. *Memoria Documental Del Componente Conservación y Uso Sustentable de Suelo y Agua (COUSSA) 2008-2012*. Dirección General de Producción Rural Sustentable en Zonas Prioritarias. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación Subsecretaría de Desarrollo Rural. México D.F. (México).

Cruz, B.; Barra, E. 2004. *La Calidad del suelo y sus indicadores*. Ecosistemas. 2, p 2-11.

De la Rosa A.; Moosbrugger W.; Otero W.; Quintero C. A.; Solanilla R.; 1994. *Cuidemos nuestra tierra. Una vida mejor mediante el aprovechamiento de los recursos en el campo*. Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR. Santa Fe de Bogotá D.C. (Colombia).

Doran, J.W.; Parkin. B.T. 1994. *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*. Soil Science Society of America, Publicación Especial. Número 35. Madison. Wisconsin (USA).

FAO. 1998. *Conservación de los recursos naturales para una agricultura sostenible. Integración cultivo – ganadería*. Tomado de: http://www.fao.org/ag/ca/training_materials/cd27-spanish/li/livestock.pdf

FAO. 2000a. *Manejo del suelo en pequeñas fincas. Estrategias y métodos de introducción, tecnologías y equipos*. Boletín de suelos de la FAO 77. Roma (Italia).

FAO. 2000b. *Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos*. Boletín de Tierras y Aguas de la FAO 8. Roma (Italia).

FAO. 2009. *Guía para la descripción de suelos*. Cuarta edición. Traducido y adaptado al castellano por Ronald Vargas Rojas (Proyecto FAOSWALIM, Nairobi, Kenya-Universidad Mayor de San Simón, Bolivia). Roma (Italia).

FAO. 2010. *Biopreparados para el manejo sostenible de plagas y enfermedades en la agricultura urbana y periurbana*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) - IPES-Promoción del Desarrollo Sostenible. Santiago de Chile (Chile).

FAO. 2011. *Barreras Vivas*. Colección “Buenas Prácticas”. FAO/Unión Europea. Guatemala (Guatemala).

FAO. 2013. *Los biopreparados para la producción de hortalizas en la agricultura urbana y periurbana*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Asunción (Paraguay).

FAO. 2015. Infografías. *Suelos sanos para una vida sana*. 2015. Año internacional de los suelos. <http://www.fao.org/soils-2015/resources/infographics/es/>

FAO. 2015a. *Las amenazas a nuestros suelos*. Tomado de: <http://www.fao.org/resources/infographics/infographics-details/es/c/326259/>

FAO. 2015b. *Carta Mundial de los Suelos*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma (Italia).

FAO. 2015c. *El origen de los alimentos*. Tomado de: <http://www.fao.org/resources/infographics/infographics-details/es/c/285854/>

FAO. 2015d. *Principios básicos de la agricultura de conservación*. Tomado de: <http://www.fao.org/ag/ca/es/1b.html#1a-1>

FAO. 2015e. *Suelos y biodiversidad*. Tomado de: <http://www.fao.org/resources/infographics/infographics-details/es/c/285729/>

FAO. 2015f. *Las funciones del suelo*. Tomado de: <http://www.fao.org/resources/infographics/infographics-details/es/c/294325/>

FAO. 2015f. *Las amenazas a nuestros suelos*. Tomado de: <http://www.fao.org/resources/infographics/infographics-details/es/c/326259/>

FAO. 2016. *Cercas vivas como fuente de alimento para el ganado y leña*. Tomado de: <http://teca.fao.org/es/read/3648>

FAO 2017. *Directrices voluntarias para la gestión sostenible de los suelos*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma, Italia

Fieldes M y Perrot K.W. 1966. *The nature of allophane in soils*. New Zealand Journal of Science, Vol. 9, pp. 623- 629

FHIA. 2004. *Guía sobre prácticas de conservación de suelos*. Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FIHA). Unión Europea. La Lima (Honduras).

García, S. y Martínez, M. 2000. *Abonos verdes*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación (SAGARPA). México (México).

Gómez, L. E y Agudelo, S. C. 2006. *Cartilla Agroecológica para educación campesina*. Medellín (Colombia).

Herody, Y. 1999. *Conocimiento del suelo El modelo básico*, Volumen 1. Ed. Biolur. Navarra. (España).

Herrera, F. 2008. *Manual de agricultura orgánica “Verdes gotas de vida”. Una alternativa sostenible para Galápagos*. Fundación para el desarrollo alternativo responsable para Galápagos. Galápagos (Ecuador).

Iglesias, J. M., Funes-Monzote, F., Odalys Toral, C., Simón, L. y Milagros Milera. 2011. *Diseños agrosilvopastoriles en el contexto del desarrollo de una ganadería sostenible*. Apuntes para el conocimiento. Pastos y Forrajes, Vol. 34, No. 3.

IGAC. 2012. *Conflictos de uso del territorio Colombiano*. Escala 1:100.000. Bogotá (Colombia).

INTA-FAO. 2005. *Manual de agricultura de conservación para Nicaragua*. Adaptado del manual de la FAO sobre conservación de los recursos naturales para una agricultura sostenible – FAO 2005. Managua (Nicaragua).

Kolmans, E y Vásquez, D. 1999. *Manual de Agricultura Ecológica. Una introducción a los principios básicos y su aplicación*. Grupo de Agricultura Orgánica de ACTAF. La Habana (Cuba).

Lal, R. 2001. *Soil degradation by erosion*. Land degradation and development 12:519–539.

Liebman, M. 1999. *Sistemas de policultivos*. En: Altieri, M. 1999. Agroecología. Bases científicas para una agricultura sostenible. Editorial Nordan-Comunidad. Montevideo (Uruguay).

Magdoff, F y van Es, H. 2009. *Building soils for better crops: sustainable soil management*. Sustainable Agriculture Research and Education (SARE) program under cooperative agreements with USDA's National Institute of Food and Agriculture, University of Maryland and University of Vermont. 3rd ed. Beltsville (EEUU).

Martin, P. H. 1998. *Soil carbon and climate perturbations: using the analytical biogeochemical cycling (ABC) scheme*. Environmental Science and Policy (1): 87-97

Méndez, R. 2008. *Cultivos orgánicos. su control biológico en plantas medicinales y aromáticas*. Segunda Edición. Ecoe Ediciones. Bogotá (Colombia).

Van Miegrot, H y Johnsson, D.W. 2009. *Feedbacks and synergism among biochemistry, basic ecology, and forest soil science*. Forest Ecology and Management 258: 2214-23.

Millington, S, Stopes, C. y Woodward L. 1990. *Rotational design and the limits of organic systems the stockless organic farm?* In: Proc. Symp. British Crop Protection Council. Cambridge.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2012. *Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos – PNGIBSE*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Bogotá (Colombia).

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2014. *Plan Nacional de Negocios Verdes*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Bogotá (Colombia).

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2016. *Política para la Gestión y sostenible del suelo*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Bogotá (Colombia).

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. 2015. *Línea base de degradación de suelos por erosión en Colombia (2010 – 2012)*. Escala 1:100.000. Bogotá (Colombia).

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. 2004. *Plan de Acción Nacional de Lucha Contra la Desertificación en Colombia*. Bogotá (Colombia).

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. 2012. *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico: TÍTULO F. Sistemas de Aseo Urbano*. Bogotá (Colombia).

Moebius-Clune, B.N., D.J. Moebius-Clune, B.K. Gugino, O.J. Idowu, R.R. Schindelbeck, A.J. Ristow, H.M. van Es, J.E. Thies, H. A. Shayler, M. B. McBride, D.W. Wolfe, and G.S. Abawi, 2016. *Comprehensive Assessment of Soil Health – The Cornell Framework Manual*, Edition 3.0, Cornell University, Geneva, NY (EEUU).

Morales, F y Martínez, M. 2000. *Rotación de cultivos*. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación (SAGARPA). México (México).

Nicholls, C. 2009 *Bases agroecológicas para diseñar e implementar una estrategia de manejo de hábitat para control biológico de plagas*. En: Altieri, M. (Ed.), *Vertientes del pensamiento agroecológico: fundamentos y aplicaciones*. SOCLA, Medellín (Colombia).

Pérez, M. 1993. *Proyecto Checua: Naturaleza en equilibrio*. Archivo El Tiempo. Bogotá D.C. (Colombia).

Prager, M.; Sanclemente, O.E.; Sánchez de Prager, M.; Gallego, J.M. y Ángel, D.I. 2012. *Abo- nos verdes: Tecnología para el manejo agroecológico de los cultivos*. En revista *Agroecología*, Murcia España. No. 7: 53- 62.

Reijntjes, C., Haverkort, B. Waters.Bayer, A. 1992. *Farming for the future. An introduction to low-external input and sustainable agriculture*. MacMillan, London. (UK).

Rodríguez, A y Jacobo, E. 2012. *Manejo de pastizales naturales para una ganadería sostenible en la Pampa deprimida*. FAUBA. Buenos Aires (Argentina).

Román, P.; Martínez, M. M.; Pantoja, A. 2013. *Manual de Compostaje del Agricultor. Experiencias en América Latina*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAO. Oficina Regional para América Latina y el Caribe Santiago de Chile (Chile).

SAGARPA. 2012. *Mantienen capacidad productiva con obras CUOSSA en sequía*. México D.F. (México). Tomado de: <https://www.youtube.com/watch?v=RaBpDzfN3SM>.

Soil Survey Staff. 1994. *Keys to Soil Taxonomy*. United States Department of Agriculture. Soil Conservation Service. Washington, D.C. (EEUU).

SQI-Soil Quality Institute. 1996. *Indicators for Soil Quality Evaluation*. Natural Resources Conservation Service. Preparado por National Soil Survey Center en cooperación de The Soil Quality Institute. USA.

USDA. 1997. *Maryland Soil Quality Assessment Book*. Natural Resource Conservation Service. Tomado de: http://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detailfull/soils/health/assessment/?cid=nrcs142p2_053871

Uribe F., Zuluaga A. F., Valencia L. et al. 2011. *Establecimiento y manejo de sistemas silvopastoriles*. Manual 1, Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible. GEF, BANCO MUNDIAL, FEDEGAN, CIPAV, FONDO ACCION, TNC. Bogotá, (Colombia). 78p.

Valencia, E. 2005. *Determinación de residuos de N-metilcarbamatos en Fresa (Fragaria spp) y evaluación de la absorción-desorción de 14C-Carbofuran en suelos del mismo cultivo*. Tesis de maestría, Departamento de Química, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá (Colombia).

Vázquez, L. 2011. *Cambio climático, incidencia de plagas y prácticas agroecológicas resilientes*. En: Funes-Monzote, F: Innovación agroecológica, mitigación y adaptación al cambio climático. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). San José de Las Lajas (Cuba).

Vázquez, L. 2008. *Manejo Integrado de Plagas. Preguntas y respuestas para técnicos y agricultores*. Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal. La Habana (Cuba).

Wada, K. 1989. *Allophane and imogolite*. pp. 1051-1081. In: G.B. Dixon y S.B. Wedd (eds.). *Minerals in soil environments*. SSSA, Madison, WI.

Zamudio, R.; León, T. 2008. *Transferencia y adopción de prácticas de agricultura de conservación del "Proyecto Checua" en los municipios de Caldas (Boyacá) y Nemocón (Cundinamarca)*. Volumen 11 – No. 2 Agosto de 2008. Bogotá (Colombia).

ANEXOS

ANEXO 1: EJEMPLOS DE CRITERIOS GENERALES PARA LA EVALUACIÓN LA VOCACIÓN DE USO DE LOS SUELOS

Características biofísicas		Paisaje	Pendiente	Clima	Profundidad	Drenaje natural	Fertilidad	Erosión	Pedregosidad	Humedad
VOCACIÓN DE USO	GANADERA	Planicies, valle, pie de monte, montaña y lomerío.	Menor al 7% en planicies, valles y pie de monte. Menor al 25% en montaña y lomerío	Cálido, medio y frío	Poca(25 a 60 cm)	Bien a pobremente drenados	Moderada a alta	Moderada	Superficial	Alta y baja
	AGRÍCOLA	Planicies, valle, pie de monte, montaña y lomerío.	Menor al 7% en planicies, valles y pie de monte. Menor al 25% en montaña y lomerío	Cálido, medio y frío	Profundos a muy profundos (60 – 120 cm)	Bien drenados	Alta a moderada	Nulo o ligero	No presenta	Alta
	AGROFORESTAL	Planicies, valle, pie de monte, montaña y lomerío.	Menor al 7% en planicies, valles y pie de monte. Menor al 25% en montaña y lomerío	Cálido, medio, frío y muy frío	Poco profundos a superficiales (25 – 100 cm)	Bien a moderado	Baja a moderada	Moderada	Superficial	Alta
	FORESTAL	Planicies, valle, pie de monte, montaña y lomerío.	Menor al 7% en planicies, valles y pie de monte. Mayor al 50% en montaña y lomerío (Protección)	Cálido a frío	Poco profundos a profundos (25 – 100 cm)	Entre pobre y en exceso	Baja a moderada	Moderada	Superficial	Alta
	CONSERVACIÓN	Planicies, valle, montaña y lomerío.	Menor al 3% en planicies y valle. Mayor al 50% en montaña y lomerío (Protección)	Todos los climas menos niveles	Muy baja (menor de 25 cm)	Entre pobre y pantanoso	Muy baja	Moderada a severa	Superficial	Muy alta (rondas de ríos)

Fuente: adaptado de IGAC 2012

ANEXO 2

ANEXO 2: EJEMPLO DE FORMATO PARA ELABORACIÓN DE DIAGRAMA DE PARCELA

Fecha: ____/____/____	
Código parcela: _____	
DIAGRAMA DE PARCELA Y DINÁMICA DEL SUELO	
Nombre de la finca/ Identificación: _____	
Datos propietario o persona de contacto: Nombre: _____ Celular: _____	
Departamento _____ Municipio _____	
PARA DIAGRAMA DE PARCELA ESPACIO	
	Observaciones Claves
Uso actual:	
Estado general de la parcela:	
Historia de Uso y Manejo:	
Paisaje y Topografía :	
Presencia de erosión:	
Diligenció: _____	

Fecha: ____/____/____ Código parcela: _____	
DIAGRAMA DE PARCELA Y DINÁMICA DEL SUELO INDICACIONES PARA EL DILIGENCIAMIENTO ADECUADO	
Se recomienda un código corto, de tres caracteres. Puede estar relacionado con el nombre de la parcela o del propietario por ejemplo.	
ESPACIO PARA DIAGRAMA DE PARCELA	
 Represente la ubicación del predio, cobertura vegetal (presencia de cercas vivas, arvenses), puntos de circulación o acumulación de agua, zonas de cambio de pendiente o acumulación de sedimentos, caminos y referencias de los lotes vecinos. Al final del recorrido, incluya la ubicación de los puntos de muestreo seleccionados.	Observaciones Claves Pueden estar relacionadas con circunstancias particulares en el momento del muestreo o características particulares de la parcela como exposición al viento o inundación, etc
Uso actual:	Tipo de cobertura actual del suelo (cultivo, especies presentes y rotaciones si es el caso). Si es ganadería cabezas/hectárea, tipo de manejo.
Estado general de la parcela:	Vigor del cultivo o vegetación, observación de plagas o enfermedades.
Historia de Uso y Manejo:	Uso del suelo en las últimas décadas. Cambios de cobertura, uso, manejo, procesos físicos o de remoción en masa del suelo
Paisaje y Topografía :	Planicie, valle, pie de montaña, lomerío . Puede indicar las pendientes
Presencia de erosión:	Surcos o cárcavas de más de 5 cm de profundidad que se unen entre si, horizonte orgánico delgado o ausente, en presencia de lluvias el agua rápidamente toma el color intenso de los horizontes superficiales

ANEXO 3

ANEXO 3: EJEMPLO DE TARJETA PARA LA OBSERVACIÓN DEL SUELO EN CAMPO

Código de cajuela:		Coordenadas		N						
Altitud:				E						
EVALUACIÓN DEL SUELO										
Calidad del suelo		Pobre		Regular		Buena				
INDICADORES		1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	Lombrices de tierra									
	Materia orgánica									
	Textura									
	Raíces									
	Olor									
	Compactación superficial									
	Estabilidad estructural									
	Estado de las plantas									
	pH									
	NaF + Fenoltaleína									
B	Raíces									
	Olor									
	Compactación profunda									
	Infiltración profunda									
	Profundidad efectiva									
	pH									
	NaF + Fenoltaleína									
Reacción a Carbonatos	A B	Textura	A B	Valor pH	A B					
Gráfico del perfil - Observaciones:										
cm										

Código de cajuela:		Coordenadas		N						
Altitud:				E						
EVALUACIÓN DEL SUELO										
Calidad del suelo		Pobre		Regular		Buena				
INDICADORES		1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	Lombrices de tierra									
	Materia orgánica									
	Textura									
	Raíces									
	Olor									
	Compactación superficial									
	Estabilidad estructural									
	Estado de las plantas									
	pH									
	NaF + Fenoltaleína									
B	Raíces									
	Olor									
	Compactación profunda									
	Infiltración profunda									
	Profundidad efectiva									
	pH									
	NaF + Fenoltaleína									
Reacción a Carbonatos	A B	Textura	A B	Valor pH	A B					
Gráfico del perfil - Observaciones:										
cm ###										

Adaptado de USDA (1997). Maryland Soil Quality Assessment Book. Natural Resource Conservation Service (1997). Tomado de: http://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detailfull/soils/health/assessment/?cid=nrcs142p2_053871

INDICADORES	POBRE	REGULAR	BUENA
Lombrices de tierra	0-3 lombrices en una palada de la capa superficial del suelo	4-10 lombrices en una palada de la capa superficial del suelo	Más de 10 lombrices en una palada de la capa superficial del suelo
Materia orgánica	No se diferencia el horizonte superficial del sub-superficial / No hay residuos orgánicos visibles en el terreno o lenta descomposición	Aunque el color es similar se puede diferenciar el horizonte superficial / Se encuentran algunos residuos o hay descomposición media	Horizonte superficial más oscuro y claramente definido / Cantidad apreciable de residuos y buena velocidad de descomposición.
Textura	Suelo demasiado arcilloso (pesado) que dificulta la infiltración y el trabajo mecánico o demasiado arenoso que drena muy rápido. Espacio poroso excesivo o muy escaso.	Suelo cuya textura bajo condiciones ambientales normales (sin excesos) tiene buen comportamiento, pero tiende a tener manejo difícil al cambiar las condiciones de humedad	Suelo cuya textura permite adecuadamente la infiltración y la retención del agua así como el laboreo. Con buen espacio poroso. Buen comportamiento en casi cualquier condición climática
Raíces (Cantidad, penetración y salud)	Pocas raíces vivas o con problemas de crecimiento apreciables. Poca biomasa.	Raíces apreciables en estado de salud aceptable.	Raíces abundantes y evidentes con buen desarrollo y buena penetración. Cantidad de biomasa considerable.
Olor	Agrio, pútrido, olores químicos o extraños	Sin olor característico u olores fuertemente dominantes	Olor fresco y agradable a tierra húmeda
Compactación superficial	La penetración con herramientas de trabajo requiere la aplicación de fuerza considerable	La resistencia a la penetración varía sin encontrarse en los extremos de fácil o difícil penetración	La penetración con herramientas de trabajo se facilita, no hay mayor resistencia.
Estabilidad estructural	Apariencia muerta tipo ladrillo u hormigón, terrones grandes que pueden ser muy frágiles o muy duros; o consistencia de polvo.	Presencia de terrones, apto para semillas grandes.	Suelo migajoso, suelto las herramientas lo cortan con facilidad, sensación esponjosa al caminar sobre el suelo. A pesar de lo anterior y no se destruye con fuerzas de baja magnitud.
Estado de las plantas	Problemas de crecimiento permanentemente. Colores amarillos o morados no característicos de la especie.	Crecimiento justo. Presencia de manchas en el follaje. Color verde medio.	Crecimiento normal, color verde normal y saludable, buen crecimiento durante todo el ciclo a través de todo el campo.

ANEXO 3

...

pH	Difícil de corregir para el cultivo deseado.	Fácilmente corregible.	Apropiado para el cultivo.
NaF + Fenolftaleína	La prueba de NaF + Fenolftaleína presenta una coloración púrpura - fucsia intensa. Se sugiere realizar análisis físico-químicos de laboratorio adicionales para descartar toxicidades por Al.	La prueba de NaF + Fenolftaleína presenta una coloración púrpura - fucsia media.	La prueba de NaF + Fenolftaleína presenta una coloración púrpura - fucsia débil o no presenta coloración.
Compactación profunda	La penetración con herramientas de trabajo requiere la aplicación de fuerza considerable	La resistencia a la penetración varía sin encontrarse en los extremos de fácil o difícil penetración	La penetración con herramientas de trabajo se facilita, no hay mayor resistencia.
Infiltración profunda	Suelo demasiado arcilloso (pesado) que dificulta el drenaje o tiende a mantener un alto nivel freático; o demasiado arenoso (o gravas) que drena muy rápido.	Condiciones del sub-suelo se encuentran en un punto medio entre los parámetros de pobre y buena	Las condiciones del perfil permiten una adecuada infiltración de precipitaciones y/o el ascenso capilar del nivel freático.
Profundidad efectiva	Se encuentran limitantes físicas o químicas importantes que dificultan el crecimiento de las raíces de las especies de interés. Esta situación puede darse inclusive desde el horizonte superficial.	Se encuentran limitantes físicas o químicas moderadas que afectan el crecimiento de las raíces de las especies de interés sub-superficialmente.	Para las especies de interés las raíces pueden crecer sin limitantes físicas o químicas en el perfil del suelo. Se encuentran raíces a profundidad considerable.

Las letras A y B corresponden a los diferentes horizontes del suelo evaluados.

ANEXO 4: EJEMPLOS DE PLANTAS UTILIZADAS COMO ABONO VERDE Y COBERTURA

• Abonos verdes:

Ejemplos de algunas plantas utilizadas como abono verde: *Crotalaria juncea*, *Stizolobium atterrimum*, canavalia, sorgo, nabo forrajero, canola, mostaza, avena, maíz, vicia, quinua y girasol (Altieri y Nicholls, 2000; Caballero et al. 2011; CIAT, 2003)

De acuerdo con Prager et al (2012) en Colombia se ha reportado el uso de los siguientes abonos verdes en diferentes regiones del país:

ABONO VERDE	SISTEMA DE PRODUCCIÓN / OBJETIVO	REGIÓN DE CULTIVO
<i>Crotalaria</i> , <i>Canavalia</i> y <i>Cajanus</i>	Maíz-soya, maíz-frijol y maíz-caupí	Santander de Quilichao, Cauca
<i>Canavalia ensiformis</i>	Caña de azúcar y maíz intercalados	Palmira, Valle del Cauca
<i>Crotalaria</i> (<i>Crotalaria juncea</i> L.), canavalia (<i>Canavalia ensiformis</i> L.), frijol caupí (<i>Vigna unguiculata</i> L.) y vitabosa (<i>Mucuna deeringianum</i> L.)	Arroz	Mojana, Costa Caribe
Sorgo (<i>Sorghum vulgare</i>) y millo (<i>Panicum miliaceum</i> L.).	Yuca (<i>Manihot sculenta</i>) y frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L)	Piendamó, Cauca
Nabo forrajero (<i>Raphanus sativus</i> L.), avena (<i>Avena sativa</i> L.) y centeno (<i>Secale cereale</i> L.)	Manejo y rehabilitación de suelos sulfato ácidos	Paipa, Boyacá
Vicia (<i>Vicia atropurpurea</i>) en combinación con avena caldas (<i>Avena sativa</i> L.), girasol (<i>Helianthus annuus</i> L.), higuerilla (<i>Ricinus communis</i> L.), nabo forrajero (<i>Raphanus sativus</i> L.) y quinua (<i>Chenopodium quinua</i>),	Selección de abonos verdes para la sostenibilidad de suelos en Boyacá	Turmequé, Boyacá
<i>Mucuna pruriens</i>	Maíz	Palmira, Valle del Cauca

• Ejemplos de cultivos de cobertura:

Las plantas útiles como los cultivos de cobertura, pueden ser leguminosas, pastos y otros cultivos de cobertura. Entre algunas de las plantas sugeridas se encuentran: cebada (*Hordeum Vulgare*), cereal centeno (*Secale Cereale*), ballico anual (*Lolium Multiflora*), arveja púrpura (*Vicia Atropurpurea*), brome blando (*Bromus Mallis*), cucamonga brome (*Bromus Mallis*), wimmera 62 reygrass (*Lolium Rigidum*), bluegrass anual (*Poa Annua*), arveja lana (*Vicia Dasycarpa*), trébol rosa (*Trifolium Hirtum*), trébol crimson (*t. Incarnatum*), trébol bur (*Medicago Hispida*), trebol rojo (*t. Pratense*), trébol blanco corto (*t. Repens*), trébol amarillo dulce (*Melilotus Officinalis*), black medic (*Medicago Sp.*), chícharo de invierno (*pisum sativum* subsp. *Arvense*). Los pastos tienen sistemas de raíces fibrosas, lo que resulta particularmente útil para formar la estructura del suelo, brindar control contra la erosión y mejorar la penetración del agua (Altieri y Nicholls, 2000).

ANEXO 5: TIPOS DE BARRERAS VIVAS Y CERCAS VIVAS UTILIZADAS

Las **barreras vivas de múltiple propósito** son barreras que se establecen como líneas de árboles sembrados en las curvas de nivel. Este tipo de barreras aumenta la disponibilidad de forraje para el ganado y permite la generación de rastrojos que pueden ser utilizados como abono verde para los cultivos. Adicionalmente, permiten la producción de leña y madera (CIAT, 2003).

Las **barreras con pasturas mejoradas** tienen como función la provisión de alimento para el ganado, especialmente en época seca y también protege el suelo del viento y el agua. Dentro de este tipo de barreras se pueden utilizar por ejemplo las siguientes especies vegetales: Brizantha, Valeriana, Vetiver, Zacate violeta, Elefante, pasto gigante, Napier, Taiwán, caña de azúcar forrajera, entre otras (CIAT, 2003).

Las **barreras con leguminosas arbustivas** permiten la generación de alimento para el ganado y protegen el suelo del viento y el agua, adicionalmente proporcionan leña y madera. Este tipo de barreras son catalogadas dentro de las más importantes en los sistemas de conservación de suelos. Dentro de este tipo de barreras se pueden utilizar por ejemplo las siguientes especies vegetales: *Leucaena leucocephala* y *Gliricidia sepium* (matarratón) (CIAT, 2003).

Las **barreras con plantas medicinales** ofrecen una barrera densa y sirve a los agricultores como medicina. Dentro de este tipo de barreras se pueden utilizar por ejemplo las siguientes especies vegetales: *Cymbopogon citratus* (Zacate limón) y valeriana (CIAT, 2003), cidrón (*Aloysia citrodora*) y ruda (*Ruta sp.*).

Las **barreras con plantas alimenticias** tienen una gran aceptación por parte de los agricultores, ya que son una fuente de alimento para sus familias y permiten generar ingresos adicionales. Dentro de este tipo de barreras se pueden utilizar las siguientes especies vegetales: *Ananas comosus* (Piña), *Bromelia karatas* (piñuela), *Saccharum officinarum* (caña de azúcar), Guandul (frijol chicharro, frijol de palo, arveja y lenteja) (CIAT, 2003), maracuyá (*Passiflora edulis*), mora de castilla (*Rubus glaucus*) y curuba (*Passiflora mollissima*).

Las **barreras unipropósito**, estas barreras solo prestan el servicio de control de erosión por el viento y el agua. Dentro de este tipo de barreras se pueden utilizar las siguientes especies vegetales: Iris germánica, Espada de San Miguel (curarina, lengua de suegra) (CIAT, 2003).

Las **cercas vivas** se hacen mediante la siembra de árboles o arbustales en los límites formales de las tierras. Las especies más utilizadas como cercas vivas son: *Azadirachta indica* (Neem), *Bursera simaruba* (indio desnudo), *Cassia siamea* (casia amarilla), *Cordia alliodora* (Laurel), *Cajanus cajan* (Guandul), *Guazuma ulmifolia* (Guácimo), *Leucaena leucocephala* (Leucaena), *Jatropha curcas* (Piñón), *Pithecellobium dulce* (Michihuiste), *Cratylia argentea*, *Erythrina berteroana*; *E. costaricensis*; *Spondias purpurea*; *Diphysa robinoides*, *Yucca elephantipes* y *Croton glabellus* (FAO, 2016), acacia, mora, rosa, aliso, cañabrava, sauco, chuque, chisgua, cerezo, sauce, borrachero, alcaparro, chicalá, curuba y toronja (CAR, 1994).

ANEXO 6: TIPOS DE ASOCIACIÓN EN POLICULTIVOS

Existen diferentes tipos de asociación de cultivos (Kolmans y Vásquez, 1999):

Cultivos intercalados: es la siembra simultánea de dos o más cultivos en el mismo terreno, en surcos independientes, pero vecinos.

Cultivos mixtos: consiste en sembrar simultáneamente dos o más cultivos en el mismo terreno, sin organización de surcos.

Cultivos en franjas: consiste en la siembra simultánea de dos o más cultivos en el mismo terreno, pero en franjas amplias. Esto permite un manejo independiente de cada cultivo.

Cultivos de relevo: consiste en la siembra de dos o más cultivos en secuencia, sembrando o trasplantando el segundo antes de la cosecha del primero. Luego de la cosecha del primer cultivo el segundo aprovecha el mayor espacio y residuos para su desarrollo.

Cultivos de relevo para abono verde: una forma importante de asociación lo constituyen los cultivos de relevo, especialmente con leguminosas que pueden servir de abono verde e incluso de forraje, además de las bondades que poseen en favor del suelo por su buena cobertura así como en el control o represión de plagas, enfermedades y arvenses.

ANEXO 7: EJEMPLOS DE ACCIONES DE APOYO AL CONTROL BIOLÓGICO

- **Aumentar la diversidad de plantas en monocultivos anuales.** Favorece la abundancia y efectividad de los enemigos naturales al estar más disponibles presas alternativas, fuentes de néctar y microhábitats apropiados.
- **Eliminar el uso de plaguicidas sintéticos.** Se puede restituir la diversidad biológica y conducir a un control biológico efectivo de plagas específicas. Se busca reducir el efecto tóxico de estas sustancias sobre el suelo y el agroecosistema.
- **Evitar prácticas disturbantes como el control de arvenses con herbicidas y el arado.** Algunas arvenses, proveen de insectos huéspedes alternativos para los enemigos naturales; así como fuentes de polen y néctar para los enemigos naturales. Ciertas arvenses (principalmente de las familias Umbelliferae, Leguminosae y Compositae), juegan un importante rol ecológico al acoger a un complejo de artrópodos benéficos que ayudan en el control de plagas.
- **Proveer recursos suplementarios.** Para incrementar la efectividad de la predación y parasitismo sobre plagas importantes. Por ejemplo como la construcción de nidos artificiales, para las avispas del género *Polistes* que predan sobre larvas de lepidópteros en algodón y tabaco. La aspersión de alimentos suplementarios (mezclas de levadura, azúcar y agua) que multiplica seis veces la oviposición del crisópido *Chrysoperla carnea* e incrementa la abundancia de *Syrphidae*, *Coccinellidae* y *Malachidae*. Siembra de plantas productoras de néctar como *Phacelia* spp. Incremento del parasitismo y abundancia de *Aphytis*, *Aphelinus* y *Trichogramma* sp. en huertos frutales.
- **Un manejo agroecológico del hábitat con la biodiversidad adecuada.** Conlleva al establecimiento de la infraestructura necesaria que provee los recursos (polen, néctar, presas alternativas, refugio, etc.). Es importante promover la asociación y diversidad de cultivos que faciliten nuevas fuentes de alimento y mejoren el microclima.

ANEXO 8

ANEXO 8: EJEMPLOS DE PLANTAS UTILIZADAS EN ALELOPATÍA

PLANTA REPELENTE	PLAGA QUE REPELE
Borraja (<i>Borrago officinalis</i> L.).	Gusano comedor de follaje (<i>Pseudoplusia includens</i> o <i>Trichoplusia ni</i>) del tomate (<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill).
Tomillo (<i>Thymus vulgaris</i> L.).	Gusano cortador de hoja (<i>Manduca sexta</i>) del repollo (<i>Brassica oleracea</i> L., var. <i>capitata</i> D.C.).
Hinojo (<i>Foeniculum vulgaris</i> Mill).	Gusano tierrero (<i>Agrotis ipsilon</i>) de las huertas.
Repollo (<i>Brassica oleracea</i> L., var. <i>capitata</i> D.C.).	Mosca blanca o palomilla (<i>Bemisia</i> sp. o <i>Trialeurodes vaporariorum</i>) en el tomate (<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill).
Salvia blanca (<i>Salvia officinalis</i>).	Polilla (<i>Agrotis ipsilon</i>) en el cultivo del repollo (<i>Brassica oleracea</i> L., var. <i>capitata</i> D.C.).
Mejorana (<i>Origanum mejorana</i>).	Pulgón gris (<i>Brevicoryne brassicae</i>) en repollo (<i>Brassica oleracea</i> L., var. <i>capitata</i> D.C.).
Ajenjo (<i>Artemisia absinthium</i> L.).	Babosas grises (<i>Doroceras reticulatum</i> y <i>Milax gagates</i>) en hortalizas.
Ruda (<i>Ruta graveolens</i> L.).	Hongo causante de la antracnosis (<i>Colletotrichum</i> sp.) en cultivo de curaba (<i>Passiflora</i> sp.).

PLANTA TRAMPA	PLAGA QUE ATRAE
Alfalfa (<i>Medicago sativa</i> L.).	Larvas de insectos masticadores de algodón (<i>Gossypium herbaceum</i> L.).
Bella Helena (<i>Impatiens</i> sp.).	Trips (<i>Frankliniella</i> sp. o <i>Thrips tabaci</i> L.) del cultivo de flores o guanábano.
Eneldo (<i>Anethum graveolens</i> L.).	Larvas (gusanos) de los tierreros en tomate (<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill).
Ruda o ruda de castilla o ruda amarga (<i>Ruta graveolens</i> L.).	Mosca casera y algunas polillas en establos, gallineros y porquerizas.
Tabaco negro (<i>Nicotiana tabacum</i> L.).	Mosca blanca o palomilla (<i>Bemisia</i> sp. o <i>Trialeurodes vaporariorum</i>).
Mostaza (<i>Sinapsis</i> sp.).	Gusanos comedores de follaje (<i>Pseudoplusia includens</i> o <i>Trichoplusia ni</i>) en el cultivo del repollo (<i>Brassica oleracea</i> L., var. <i>capitata</i> D.C.).
Berro (<i>Nasturtium officinale</i> L.).	Trips (<i>Frankliniella</i> sp. o <i>Thrips tabaci</i> L.).
Soya (<i>Glicine max</i>).	Cucarrones (adultos de coleópteros), evitando daño a los cultivos de la arveja (<i>Pisum sativum</i> L.) y coliflor (<i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>botrytis</i> Hort).
Borraja (<i>Borrago officinalis</i> L.).	Atrae abejas para aumentar polinización en un cultivo como la fresa (<i>Fragaria chiloensis</i> Duchsne).

PLANTA ACOMPAÑANTE	EFFECTO QUE PRODUCE
Milhojas (<i>Achillea millefolium</i>).	Aumenta la concentración de aceites esenciales en las plantas aromáticas.
Frijol de enredadera (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.).	Controla la plaga de gusano cogollero (<i>Spodoptera frugiperda</i>) en plantas de maíz (<i>Zea mays</i> L.).
Clavel de muerto (<i>Tagetes patula</i>) o de marigol.	Prevenir presencia de nematodos en el suelo (<i>Ditylenchus</i> sp., <i>Meloidogyne</i> sp., <i>Pratylenchus</i> sp.).
Haba (<i>Vicia faba</i> L.).	Repele el gusano barrenador del tallo (<i>Diatraea saccharalis</i>) que ataca los cultivos de maíz (<i>Zea mays</i> L.).
Maní forrajero (<i>Arachis pintoi</i>).	Aleja el gusano barrenador del tallo (<i>Rhyncophorus palmarum</i> L.) en cultivos de palma africana (<i>Elaeis guineensis</i>).
Frijol canavalia (<i>Canavalia ensiformis</i>).	Aleja a la hormiga arriera (<i>Atta</i> sp.) en cultivos de clima cálido.
Helecho (<i>Polypodium vulgare</i>).	Repele la broca (<i>Hypothenemus hampei</i>) en cafeto (<i>Coffea arabica</i> L.).
Menta o hierbabuena (<i>Mentha</i> sp.).	En cítricos como el limón (<i>Citrus limon Burman</i>), para que no presenten deficiencia de elementos menores.
Rábano rojo (<i>Raphanus rophanistrum</i> L.).	Previene ataque de chiza (<i>Ancognatha</i> sp.).

PLANTA ANTAGÓNICA	EFFECTO QUE PRODUCE
Diente de león (<i>Taraxacum officinale Wigg</i>).	Exhala gas etileno por sus raíces, lo cual inhibe el crecimiento de las plantas vecinas hasta eliminarlas.
Ajenjo (<i>Artemisia absinthium</i> L.).	No es compatible con algunas aromáticas como el anís (<i>Pimpinella anisum</i> L.), porque genera unas toxinas solubles que las elimina o retrasa su crecimiento.
Maíz (<i>Zea mays</i> L.).	Genera gases que causan quemazón en las hojas, flores y frutos del manzano (<i>Pyrus malus</i> L.) y en general, a todos los frutales de hojas caducas.
Hinojo.	Quema la hierbabuena.
Albahaca (<i>Ocimum basilicum</i>).	Se rechaza mutuamente con la ruda (<i>Ruta graveolens</i> L.).
Eneldo (<i>Anethum graveolens</i> L.)	Es incompatible con la zanahoria (<i>Daucus carota</i>).
Todas las cebollas (<i>Allium cepa</i> L., <i>Allium fistulosum</i> L., <i>A. sativum</i> L.).	Son antagónicas con el frijol (<i>Phaseolus lathyroides</i> , <i>P. lanatus</i> , <i>P. vulgaris</i>) y las arvejas (<i>Pisum sativum</i> var <i>sativum</i>).

Fuente: adaptada de Gómez y Agudelo (2006).



La Guía de buenas prácticas para la gestión y uso sostenible de los suelos en áreas rurales tiene como objetivo la puesta en marcha de planes para el uso y manejo sostenible de los suelos y exalta la importancia de tener en cuenta las características de los suelos y su vocación de uso, como un eje articulador en el manejo sostenible, ambiental y productivo del territorio.

Esta Guía es el resultado de un trabajo de cooperación realizado entre el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), el cual se desarrolló en el marco de la implementación de la Política para la Gestión Sostenible del Suelo y en particular de la Línea Estratégica 6: "Preservación, restauración, y uso sostenible del suelo".

Es una herramienta destinada a los actores responsables de la gestión y uso sostenible del suelo a nivel local y regional como son las funcionarias y funcionarios de las autoridades ambientales y agropecuarias, entre otros.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Línea gratuita 018000915060

Línea local de Servicio al ciudadano

(57)+(1) 3323422

Correo: servicioalciudadano@minambiente.gov.co

Calle 37 No. 8-40 - Conmutador: (57-1) 3323400

www.minambiente.gov.co

**Organización de las Naciones Unidas
Para la Alimentación y la Agricultura - FAO**

CLL 72 # 7-82, Edificio Acciones y Valores,

Piso 7, Oficina 702 / Piso 10.

Bogotá, Colombia

Teléfono: (57) (1) 3465101

Correo: fao-co@fao.org

www.fao.org/colombia

ISBN 978-92-5-130425-9



9 789251 304259
B864ES/103.18