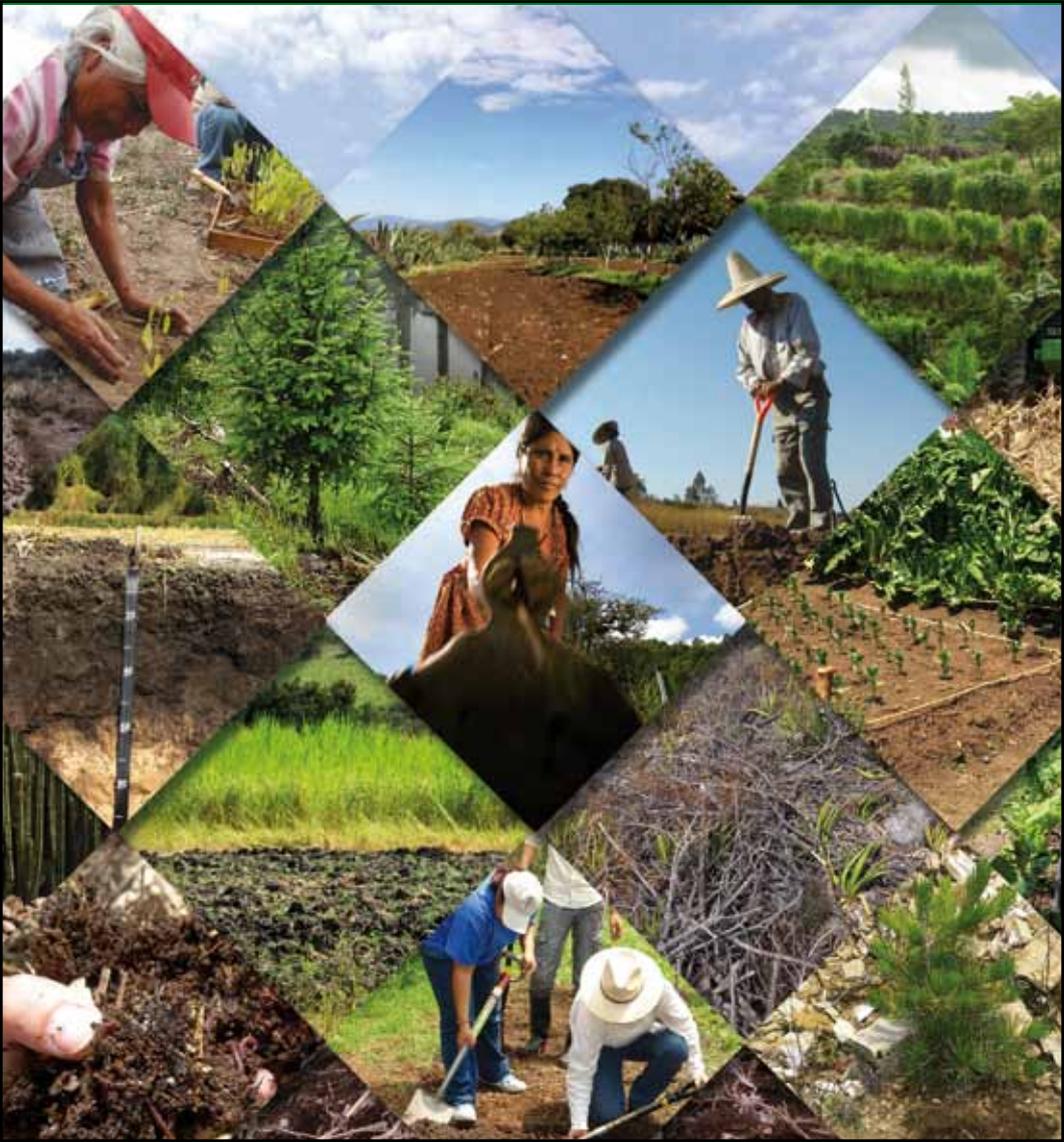


SUELOS, BASES PARA SU MANEJO Y CONSERVACIÓN



Cuadernos de divulgación ambiental
Suelos, bases para su manejo y conservación

Primera edición 2015

Coordinación del proyecto: Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable (CECADESU).

Coordinación técnica de contenidos: Eduardo Ríos Patrón, Ignacio Daniel González Mora y Helena Cotler Ávalos.

Investigación y texto: Dolores Araceli Arredondo Valdés, Helena Cotler Ávalos, Noé Gómez Avendaño, Ignacio Daniel González Mora, Martha Concepción Merino Pérez, Esteban Michel Ramírez, Miguel Ángel Palmas Tenorio, Raúl Francisco Pineda López, Christian Prat, Eduardo Ríos Patrón, Jesús Eduardo Sáenz Ceja, Héctor Gustavo Sánchez Benítez y Luis Eugenio Villafuerte Zea.

Fotografía: Helena Cotler, banco de imágenes de WWF y FIRA.

Diseño e ilustración: Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable.

DR © Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
Blvd. Adolfo Ruiz Cortines 4209, Col. Jardines en la Montaña, Del. Tlalpan, 14210,
México D.F.
www.gob.mx/semarnat

Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable
Progreso 3, planta alta, Col. Del Carmen, Del. Coyoacán, 04100, México D.F.

Red Mexicana de Cuencas Hidrográficas
www.agua.org.mx
Sección grupos de trabajo

WWF México
Av. México 51, Col. Hipódromo, Del. Cuauhtémoc, 06100, México D.F.
www.wwf.org.mx

Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura
Antigua Carretera a Pátzcuaro 8555, Col. Exhacienda San José de La Huerta
58342, Morelia, Mich.
www.fira.gob.mx

Hecho e impreso en México, en papel sustentable, con recursos del CECADESU.

Distribución gratuita.

ÍNDICE

Introducción	5
1. Fundamentos de suelos	7
2. Degradación de suelos	15
3. Bases para la conservación de suelos	19
4. Manejo de cuencas y conservación de suelos	31
5. Reflexiones y retos para la conservación de suelos	33
Fuentes	36

INTRODUCCIÓN

El suelo es el sustento de la vida y el desarrollo. Su protección y conservación inicia con el reconocimiento y la valoración de su importancia, reflejada en sus múltiples funciones, tales como la infiltración del agua, la captura de carbono y la posibilidad de mantener los ciclos biogeoquímicos, así como por ser el hábitat para una inmensa biodiversidad y, por supuesto, por ser la base de los cultivos que sustentan nuestra civilización.

En el contexto del **Año Internacional de los Suelos 2015**,¹ esta publicación busca concienciar a la sociedad y a los responsables de la toma de decisiones sobre la profunda relevancia del suelo, además de comunicar acerca del papel crucial que desempeña en la seguridad alimentaria, la adaptación y la mitigación al cambio climático, los servicios ecosistémicos o los beneficios que obtenemos de los ecosistemas, la reducción de la pobreza y el desarrollo sostenible (FAO, 2015a).

En esta nueva edición de los *Cuadernos de divulgación ambiental* se exploran los fundamentos conceptuales del suelo, enfatizando en las bases para su conservación y se revisan los conceptos de degradación de suelos, contextualizando el problema en nuestro país. Asimismo, se reflexiona sobre la importancia del suelo, con base en el enfoque de cuenca, siguiendo la temática de manejo de cuencas hidrográficas iniciada con la publicación en esta misma serie de *Cuencas hidrográficas. Fundamentos y perspectivas para su manejo y gestión* y que después se profundizó con el conocimiento de

¹ Con la Resolución A/RES/68/232, aprobada por la Asamblea General de la ONU el 20 de diciembre de 2013, se designa el 5 de diciembre como Día Mundial del Suelo y se declara al 2015 como Año Internacional de los Suelos. Ver: www.un.org/es/comun/docs/?symbol=A/RES/68/232

los ríos con la edición de *Ríos libres y vivos, introducción al caudal ecológico y reservas de agua*.

En este texto se reconoce al suelo como elemento directamente relacionado con la lógica de cuenca, vinculándose con los impactos acumulados de las actividades humanas a lo largo del sistema de corrientes (sedimentos, contaminantes y nutrientes) que afectan la calidad y cantidad del agua, la capacidad de adaptación de los ecosistemas y la calidad de vida de sus habitantes (Cotler *et. al.*, 2013). Por ello, se finalizará con la reflexión y recopilación de elementos clave y retos para construir los cimientos de la conservación del suelo.

Esperamos que la lectura de esta publicación contribuya a promover una proactiva participación individual y colectiva hacia la conservación de suelos en nuestro país, a partir de la adquisición de conocimientos y valores. Te invitamos a ser un(a) promotor(a) activo(a) de la conservación de suelos.

1. FUNDAMENTOS DE SUELOS

Los suelos albergan al menos una cuarta parte de la biodiversidad del mundo, son clave en el ciclo del carbono, nos ayudan a mitigar y adaptarnos al cambio climático, juegan un papel importante en la gestión del agua y en mejorar la resiliencia ante las inundaciones y sequías.

José Graziano da Silva, Director General de la FAO.

Entender la relevancia del suelo como sustento de la vida es la primera condición para su efectiva protección en diversas escalas y ámbitos, con la idea de que esto se traduzca en suelos vivos, productivos y resistentes a un entorno con mayores presiones y una creciente vulnerabilidad al cambio climático.²

Este entendimiento inicia con saber qué es y cómo se forma el suelo, así como reconocerlo como un recurso finito, que se agota, lo que implica que su pérdida y degradación no son reversibles en el curso de una vida humana (FAO, 2015b).

¿QUÉ ES EL SUELO?

El suelo es:

“un cuerpo natural, dinámico, de una gran variación, que sirve como medio para el crecimiento de las plantas. Está formado por elementos y compuestos de naturaleza mineral y orgánica y por organismos vivos. Es el resultado de la interacción entre el clima y organismos vivos, que producen efectos sobre la roca

² La vulnerabilidad al cambio climático es el “grado de susceptibilidad o de incapacidad de un sistema para afrontar los efectos adversos del cambio climático y, en particular, la variabilidad del clima y los fenómenos extremos. La vulnerabilidad dependerá del carácter, magnitud y rapidez del cambio climático a que esté expuesto un sistema, y de su sensibilidad y capacidad de adaptación” (IPCC, 2007).

madre o material parental,³ un proceso que está condicionado por la topografía y el tiempo” (Brady y Weil, 2008).

El suelo es un sistema vivo y complejo abierto a múltiples interacciones, desde diversas escalas espaciales y temporales. La importancia, calidad y funcionalidad del suelo como un cuerpo natural y dinámico deriva de su rol como sitio de encuentro (interfase) entre las rocas (litósfera), el aire (atmósfera), el agua (hidrósfera) y los organismos vivos (biósfera), así como por el manejo del ser humano.

El suelo es un sistema constituido por los tres estados o fases de la materia: sólido, líquido y gaseoso. La **fase sólida** del suelo la integran:

- Los **componentes orgánicos**, que se originan de restos de plantas y residuos de animales y tienen una influencia clave en las propiedades del suelo a través de la fertilidad biológica –estimulando la actividad biológica al proporcionar energía y nutrientes para los microorganismos-, la fertilidad física –mejorando la aireación, infiltración y retención de humedad- y la fertilidad química –aumentando la disponibilidad y reserva de nutrientes para las plantas-.
- Los **componentes inorgánicos o de naturaleza mineral**, que están formados por partículas de distinto tamaño y naturaleza, desde grandes fragmentos de roca hasta minúsculas partículas.

La **fase líquida** del suelo está formada principalmente por agua y sustancias en solución o mezclas homogéneas (como los nitratos), o en suspensión o mezclas heterogéneas (como las arcillas).

³ El material parental o roca madre representa el estado del suelo en el tiempo cero de formación. Las propiedades de la roca inciden en las propiedades del suelo.

La **fase gaseosa** está compuesta por la llamada atmósfera del suelo, integrada principalmente por elementos y compuestos como nitrógeno (N_2), oxígeno (O_2) y dióxido de carbono (CO_2). Estos gases se encuentran fundamentalmente entre los poros y espacios que se forman en el suelo.

Los suelos tienen una importancia crucial para la sociedad y el funcionamiento de los ecosistemas por los beneficios que brindan a partir de sus funciones. Entre las **funciones** que desempeñan los suelos están (Brady y Weil, 2008):

- Ser un **medio para el crecimiento de las plantas**. Una planta obtiene del suelo soporte físico, aire, agua, nutrientes, regulación de la temperatura y protección ante sustancias tóxicas. De esta manera, los suelos son la base para la provisión de biomasa.
- Ser un **regulador del suministro de agua** a partir de la infiltración, retención y depuración del agua, mejorando su calidad y cantidad, así como la resistencia a inundaciones.
- Servir como un **sistema de reciclaje natural y de almacenamiento de carbono**. Los suelos tienen la capacidad de asimilar grandes cantidades de residuos orgánicos y transformarlos en suelo fértil (humus). De esta manera se hacen disponibles los nutrientes minerales para que puedan ser utilizados por las plantas, los animales y los microorganismos del suelo.
- Ser un **modificador de la atmósfera**. Los suelos también respiran, es decir, absorben y liberan oxígeno, dióxido de carbono y otros gases. Tales gases, intercambiados entre el suelo y la atmósfera, tienen una influencia significativa en la composición de la atmósfera. Por ejemplo, los suelos pueden absorber y contener grandes cantidades de car-

bono, lo cual ayuda a mitigar, de manera importante, la concentración de gases de efecto invernadero.

- Ser **hábitat para organismos**. Un puño de suelo puede ser el hábitat de millones de organismos, pertenecientes a miles de especies; incluso, es probable encontrar predadores, presas, productores, consumidores y parásitos integrando la cadena trófica o alimenticia.
- Ser **medio para la ingeniería y la construcción**. Los suelos son uno de los materiales más utilizados para la construcción.

¿CÓMO SE FORMA EL SUELO?

El proceso de formación del suelo comienza con la desintegración de la roca madre o material originario,⁴ -que está expuesta en la superficie de la corteza terrestre-, a partir del rompimiento físico y químico ocasionado por las lluvias, el viento, la exposición al sol y la actividad mecánico-biológica de las raíces de las plantas, así como por la acción de bacterias y líquenes (SEMARNAT, 2012).

La formación del suelo está determinada por factores (**roca madre o material originario, clima, organismos vivos, geomorfología o relieve y tiempo**) y procesos⁵ a diversas escalas temporales y espaciales. Estos factores formadores del suelo varían a lo largo del paisaje y del tiempo y junto con la acción o influencia del ser humano, a través del manejo del territorio, determina la dirección, velocidad y duración de los procesos que originan o forman el suelo.

⁴ El proceso de descomposición, desgaste, desintegración y destrucción de las rocas, como respuesta a la exposición de los agentes de la intemperie (agua, aire, variaciones de temperatura, acción de organismos), se le conoce como meteorización o intemperismo.

⁵ Los procesos de formación de suelos se agrupan en cuatro tipos: adiciones, transformaciones, translocaciones y pérdidas (Badía y Martí, 2011).

PERFILES DE SUELOS



Un **perfil del suelo** es el corte vertical del terreno que permite estudiar la historia de vida del suelo a través de una serie de capas horizontales (llamadas horizontes). Estas capas se diferencian por cambios en el color, la estructura –u ordenación de las partículas del suelo en agregados bajo diferentes formas– y la textura –o el porcentaje relativo de partículas minerales según su tamaño-. Los horizontes son resultantes de la entrada de materia y energía en la superficie del suelo, por acción de los factores formadores y su posterior transformación.

Fotografía: Luis Daniel Olivares Martínez.

En nuestro país se encuentran casi la totalidad de los tipos de suelos que existen en el mundo por la diversidad del paisaje y climas, que permiten el desarrollo de suelos muy diversos y determinan una gran riqueza natural.

SUELOS Y MATERIA ORGÁNICA

Entre todos los componentes de los suelos, la materia orgánica es la que determina su calidad. La descomposición de hojas, tallos, frutos y flores, realizada por microorganismos,

hongos y bacterias que residen en el suelo, da lugar a compuestos orgánicos que permiten que los suelos recuperen los niveles de nutrientes requeridos por los cultivos. La cantidad, diversidad y actividad de la fauna y los microorganismos del suelo están directamente relacionados con la materia orgánica, que tiene una gran influencia en las propiedades físicas y químicas de los suelos (Brady y Weil, 2008).

La resistencia que brinda el suelo ante posibles impactos (como el uso de maquinaria agrícola o las gotas de lluvia) aumenta por el contenido de materia orgánica, incrementado la tasa de infiltración, la disponibilidad de agua del suelo y su resistencia a la erosión. También, mejora la dinámica y la disponibilidad de los principales nutrientes de las plantas, lo cual contribuye a la obtención de mejores rendimientos en los cultivos agrícolas.



IMPORTANCIA DE LA BIODIVERSIDAD DEL SUELO

La biodiversidad es necesaria para mantener las funciones fundamentales del ecosistema, su estructura y sus procesos (FAO, 2015c). La biodiversidad del suelo depende del tipo de clima, del suelo mineral y del tipo de vegetación. En un gramo de suelo pueden existir más de cien millones de bacterias, cientos de protozoarios, hongos y varias decenas de gusanos redondos llamados nemátodos. En un metro cuadrado puede haber cientos de artrópodos (cochinillas, arañas, ciempiés, milpiés y otros insectos) y decenas de lombrices de tierra. Además, la mayoría de las plantas tienen sus raíces y depositan sus semillas en el suelo (banco de semillas).

BIODIVERSIDAD DEL SUELO



Fotografía: libre con Licencia Creative Commons.

Los organismos del suelo forman redes alimenticias complejas, que se inician y concluyen con las bacterias y los hongos, capaces de descomponer cualquier material orgánico (CONABIO, 2011). La diversidad de los organismos mantiene las funciones y la resiliencia (capacidad de recuperarse ante una perturbación) del suelo.

Muchos de los problemas de conservación de la biodiversidad del suelo están asociados a la carencia de reconocimiento sobre su importancia para la producción agrícola, por lo que resulta necesario fomentar la capacitación y la educación en este tema.

2. DEGRADACIÓN DE SUELOS

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

Franklin D. Roosevelt, expresidente estadounidense.

La degradación del suelo afecta su estado de salud, lo cual se refleja en una disminución de la capacidad del ecosistema para proporcionar bienes y servicios (FAO, 2015b).

Cerca de la mitad de la superficie de nuestro país (45.2 por ciento) tiene suelos afectados por algún tipo de degradación, siendo las principales causas el cambio de uso del suelo hacia la agricultura y el uso pecuario con sobrepastoreo, cada una con 17.5 por ciento de la superficie. La deforestación es la tercera causa de degradación de suelos con 7.4 por ciento de la superficie (SEMARNAT/CP, 2003).

Son dos los procesos que pueden identificarse en la degradación de suelos:

- La erosión o desplazamiento de su material, originado por el agua o el aire.
- El deterioro de su calidad, por procesos físicos, químicos y biológicos.

La degradación de suelos adquiere varias formas a partir del origen de los procesos que la generan, sean químicos, físicos o biológicos.

La **degradación química** del suelo está muy asociada a la intensificación de la agricultura, que genera una reducción de su fertilidad por la pérdida de nutrientes. Otros factores que conducen a la degradación química son la contaminación y la salinización. La primera, en muchos casos, se debe

**FORMAS DE DEGRADACIÓN DE SUELOS
POR TIPO DE PROCESO
(ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE DUBBIN, 2001)**



a la presencia de sustancias extrañas en el suelo, provenientes de tiraderos de residuos sólidos urbanos, derrames, residuos industriales y el depósito sobre la superficie de compuestos acidificantes. La segunda, consiste en la acumulación de sales en el suelo, presentándose principalmente en zonas con suelos naturalmente salinos. En México 34 millones de hectáreas (17.9 por ciento del territorio nacional) presenta este tipo de degradación química.

La **degradación física** se manifiesta en procesos de compactación y erosión. Una forma de degradación física se refiere fundamentalmente a la pérdida de la capacidad del suelo para absorber y almacenar agua a través de la compactación, endurecimiento (encostramiento), que en muchos casos es

generada por maquinaria agrícola pesada o el recubrimiento (urbanización). En México se estiman que 10.84 millones de hectáreas (6 por ciento de la superficie del país) presenta degradación física.

La **erosión del suelo**, como proceso de degradación, se refiere a la pérdida de suelo de la capa superficial⁶ por acción del agua o el viento:

- La **erosión hídrica** es el desprendimiento de partículas del suelo por la acción del agua (impacto de las gotas de lluvia y escurrimiento), lo que lo deja desprotegido y altera su capacidad de infiltración y reduce su fertilidad. El 11.8 por ciento de la superficie del país (22.7 millones de hectáreas) presentan este tipo de erosión.
- La **erosión eólica** es la generada por la acción del viento, en zonas principalmente áridas o semiáridas, desprendiendo y levantando partículas de suelo. El 9.5 por ciento de la superficie del país (18.1 millones de hectáreas) presenta este tipo de erosión.

Los impactos de la erosión se manifiestan en el lugar donde ocurre el fenómeno y fuera de éste. En el sitio, se pierde de forma gradual la productividad y se agota rápidamente la fertilidad, con repercusiones económicas y sociales. Fuera del sitio, los impactos se manifiestan en la disminución de la calidad

⁶ Hay que distinguir entre erosión geológica y erosión antropogénica o acelerada. La erosión geológica es un proceso natural e inevitable que tiene lugar en forma lenta –en tiempos geológicos–, sin la acción del hombre y es tan lenta que pasa inadvertida y contribuye de cierto modo a la formación del relieve mismo y a la meteorización de las rocas. En la erosión acelerada ha mediado el ser humano, destruyendo la vegetación protectora al introducir otros usos al suelo y con ello rompiendo el equilibrio natural, propiciando la acción erosiva del agua y del viento, en especial en terrenos inclinados, al utilizar sistemas de cultivos y herramientas inadecuadas, al talar los bosques y/o quemar la vegetación, al construir obras de infraestructura, etcétera.

del agua en los cuerpos donde se depositan las partículas de suelo y en el azolvamiento o reducción de la vida útil de la infraestructura hidráulica, como las presas (Cotler *et al.*, 2007). Los costos de la erosión de los suelos en ambos sitios son elevados. A nivel de parcela, se ha estimado un costo entre 38 y 54 dólares por hectárea (Cotler *et al.*, 2011); sin embargo, los costos fuera de la parcela, a lo largo de la cuenca, son mucho más elevados e involucran a una población mayor, por lo que este fenómeno se convierte en un problema público.

Se estima que en México la pérdida promedio de suelo es de 2.76 toneladas/hectárea/año. Por erosión hídrica se calcula en 365 millones de toneladas anuales, de las cuales 113 millones de toneladas se quedan en los cuerpos de agua, mientras que 252 millones de toneladas se descargan, mediante arrastre, al mar.

La **degradación biológica** del suelo se da por la pérdida de la materia orgánica, así como por la reducción de la fauna (bacterias, hongos, insectos, pequeños mamíferos), lo que implica una menor capacidad de soporte para la vida.

En suma, diversos factores ocasionan la degradación de los suelos. Algunos de ellos son ambientales: hay suelos erosionables, es decir, más propensos a la erosión por sus características (químicas, físicas y biológicas), las condiciones del relieve, la intensidad de las precipitaciones y la cobertura vegetal. Sin embargo, la mayoría de las veces estos procesos de degradación son causados por usos inadecuados del territorio, como la fertilización con abonos químicos, la existencia de terrenos agrícolas en laderas con pronunciada pendiente, la deforestación y el cambio de uso de suelo, que en muchas ocasiones son fomentados por políticas públicas y presiones del mercado. También sucede que la decisión de realizar diversas acciones en el campo está permeada por condiciones sociales, culturales y económicas.

3. BASES PARA LA CONSERVACIÓN DE SUELOS

Olvidarnos de cuidar los suelos es olvidarnos de nosotros mismos.

Mahatma Gandhi.

¿QUÉ ES CALIDAD Y LA CONSERVACIÓN DEL SUELO?

La calidad del suelo es “la capacidad (que tiene) para funcionar dentro de los límites de un ecosistema natural o manejado, para sostener la productividad vegetal o animal, así como para mejorar la calidad de aire y del agua y para sostener la salud humana” (Doran y Parkin, 1994).

Un suelo de calidad tiene la capacidad para:

- Promover la productividad del sistema sin perder sus propiedades físicas, químicas y biológicas (productividad biológica sostenible).
- Atenuar los contaminantes ambientales y patógenos (calidad ambiental).
- Favorecer la salud de plantas, animales y humanos.
- Ser el substrato básico para las plantas, que capta, retiene y emite agua y que es un filtro ambiental efectivo.

El concepto de calidad del suelo es un concepto amplio que considera la relación de este cuerpo natural dinámico con su medio para proporcionar servicios ecosistémicos, es decir, beneficios que nos dan los ecosistemas en términos de provisión de bienes, regulación y soporte de procesos físicos, químicos y biológicos y una base cultural para las sociedades.

La **conservación del suelo** tiene, entonces, como finalidad el mantenimiento y la recuperación de su calidad. Y para lograrlo es preciso considerar a la degradación de suelos como un problema social, que parte del tipo de manejo y de factores culturales, sociales y económicos que determinan la decisión de conservarlos o degradarlos. Según el enfoque de manejo integral de cuencas hidrográficas, es una alternativa para determinar en forma participativa y a diversas escalas, acciones integrales que contribuyan a la conservación de tan fundamental recurso.

La conservación de suelos comprende una serie de prácticas en el marco de los sistemas de producción, las cuales deben responder a la identificación de las causas de los factores sociales y ambientales de la degradación. Para ello, es necesario entender el problema desde sus orígenes, como los conflictos sociales, la tenencia de tierra, los arreglos institucionales y las políticas públicas pasadas o presentes, las presiones del mercado, los procesos de migración y el abandono de tierras, los cambios de sistemas de producción y otras más que indiquen el detonador de las decisiones de manejo del territorio y la degradación.

Identificados estos problemas, será fundamental conocer la percepción de los dueños de la tierra de una forma participativa y conciliar la visión científica con la local, y a partir de ahí construir una visión común de la conservación de suelos.

La conservación de suelos abarca tres **tipos de prácticas**: las agronómicas, las vegetativas y las mecánicas o estructurales.

Las **prácticas agronómicas** buscan disminuir el impacto de las actividades agrícolas y/o pecuarias en la calidad del suelo a través de modificaciones en los métodos agrícolas o pecuarios. El laboreo intensivo y el uso de agroquímicos disminuyen

EJEMPLOS DE PRÁCTICAS AGRONÓMICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE SUELOS



a)



b)



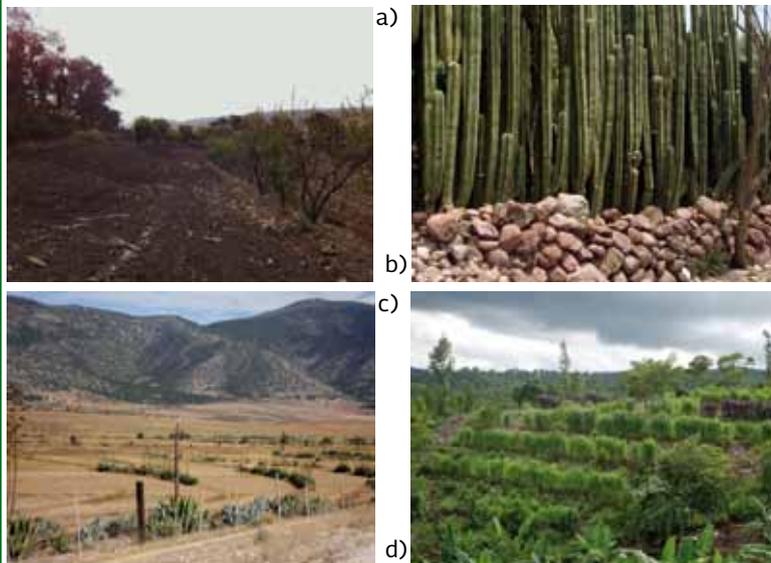
c)

a) Cobertura de suelo por rastrojos, b) Surcos contra sentido de la pendiente, c) Cultivos asociados (maíz y café) en curvas de nivel con rastrojos.

la cobertura vegetal natural y agotan los suelos y su capacidad de recuperarse. Con estas prácticas se incrementa la capacidad de humedad del suelo y la resistencia a perderse por la erosión.

Las **prácticas vegetativas** son las que incorporan vegetación, mejorando la capacidad productiva, incrementando la biodiversidad, el contenido de materia orgánica y reduciendo la pérdida de suelo. Este tipo de prácticas son muy importantes para proteger al suelo con la interceptación de las gotas de lluvia y del viento por árboles, arbustos o pastos.

EJEMPLOS DE PRÁCTICAS VEGETATIVAS PARA LA CONSERVACIÓN DE SUELOS



a) Terraza con cerco vivo de frutales, b) Barrera rompeviento, c) Cercos vivos en curva de nivel con agaves, d) Muros vivos con pastos.

Las **prácticas mecánicas o estructurales** son aquellas obras que se realizan con implementos agrícolas y herramientas, y consisten en realizar movimientos de tierra para disminuir el escurrimiento superficial y reducir la erosión en terrenos con pendientes. Cada una de ellas deberá escogerse en función del tipo de suelos y del valor de los terrenos que se protegerán, ya que son costosas (Loredo, 2005).

Dado que la finalidad principal de estas prácticas es disminuir el escurrimiento, la implementación de cualquiera de ellas debe ser antecedida por cálculos precisos sobre los es-

currimientos medios anuales y máximos. Asimismo, es necesario considerar que la construcción de las zanjas conlleva a excavaciones importantes que remueven el suelo, causando impactos sobre su formación y la pérdida de carbono (Cotler *et al.*, 2013 y 2015). Estas prácticas deben realizarse de manera puntual en el predio y siempre acompañando a las prácticas agronómicas y vegetativas, las cuales protegen al suelo de la erosión, a la vez que promueven su formación y mejoramiento de calidad.

EJEMPLOS DE PRÁCTICAS MECÁNICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE SUELOS



a)



b)



c)

a) Cordones de piedra, b) Tinajas ciegas (zanjas de infiltración), c) Gaviones.

Lo más importante en la conservación de suelos es que **las prácticas estén incorporadas a los sistemas de producción y que, por tanto, sean aceptadas y apropiadas por los dueños de la tierra**, se adapten al medio social, y no al revés, y consideren la aptitud de la tierra. Sin esta premisa lo único que se lograría es una construcción de prácticas subsidiadas y temporales.

Otro elemento clave es el fortalecimiento de capacidades a partir de la capacitación, educación y comunicación de prácticas y modelos de manejo, que permitan la conservación de suelos desde esta perspectiva de apropiación por los dueños de la tierra, que parta de un conocimiento de los beneficios de su conservación.

CASOS DE CONSERVACIÓN DE SUELOS EN MÉXICO

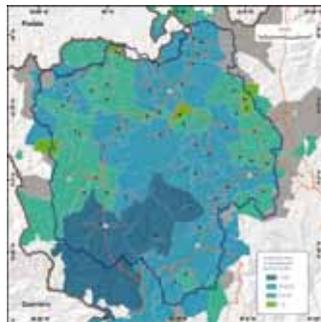
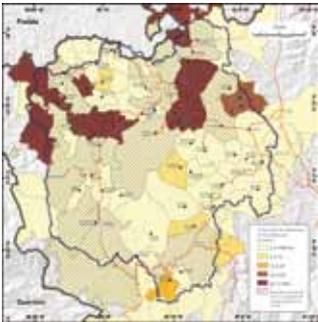
A continuación se describen los siguientes casos:

- Proyecto GEF Mixteca.
- Conservación de suelo y producción en San Miguel Suchixtepec, Oaxaca.
- Prácticas agronómicas para la conservación de suelos en dos Centros de Desarrollo Tecnológico (CDT) de Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA/Banco de México).

PROYECTO GEF MIXTECA (2011-2015)⁷

Este proyecto, financiado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM, GEF por sus siglas en inglés), se desarrolló con un enfoque de conservación de los servicios ecosistémicos. Se detectó que el servicio con mayor deterioro en la cuenca del Río Mixteco es el de control de la erosión. Se encontraron problemas de degradación de suelos en 136,653 hectáreas en terrenos con pendientes superiores a 5 por ciento, es decir, poco más del 20 por ciento de la cuenca (Fernández, 2012). Además, se presentaba en promedio una degradación específica de 17 toneladas por hectárea por año, una de las más altas del país. Se determinó que en más de 25,000 hectáreas de la cuenca se registraba una pérdida de suelo, en promedio, de más de 10 kilogramos de suelo por cada un kilogramo de maíz producido (Fernández, 2014). También se ubicaron los sitios y grados de erosión que provoca el sobrepastoreo caprino en laderas, con un impacto en 186,473 hectáreas.

EROSIÓN HÍDRICA (IZQ.) Y DE PÉRDIDA DE SUELO POR ACTIVIDAD AGRÍCOLA (DER.) EN LA CUENCA DEL RÍO MIXTECO



⁷ Más información en: www.proyectomixteca.org.mx/

El proyecto ha generado las herramientas de análisis biofísico que permite a los actores involucrados ubicar y priorizar las áreas con diferentes grados de erosión hídrica y las mejores prácticas para detener los azolves. Dado que la provisión de alimentos depende de las actividades agropecuarias y éstas interactúan con los servicios ecosistémicos de soporte y regulación, se establecieron estrategias de manejo sustentable de suelos en los cultivos en laderas y pastizales. Se tienen módulos demostrativos agrícolas y se han propuesto las capacidades de carga animal adecuadas y medidas de regulación para conservar el suelo y los servicios ecosistémicos de la cuenca del río Mixteco.

CONSERVACIÓN DE SUELO Y PRODUCCIÓN EN SAN MIGUEL SUCHIXTEPEC, OAXACA

Milenariamente el uso de coberturas o asociación de leguminosas a sistemas productivos, como el maíz, fue una práctica común que hoy en día es cada vez más difícil de observar en los cultivos de la milpa. El uso de cultivos de cobertera debe emplearse porque representa una fuente de fertilización natural a un costo bajo y requiere escasas prácticas de manejo. Con los cultivos de cobertera asociados a otros sistemas productivos se garantiza una mayor retención de humedad y se facilita la actividad biológica en el suelo y, con ello, una mejor disponibilidad de nutrientes.

Las condiciones topográficas del estado de Oaxaca favorecen el desarrollo de la agricultura de maíz en laderas, que actualmente representa 80 por ciento de la superficie sembrada en la entidad. De ésta, 90 por ciento se realiza con variedades criollas seleccionadas por los propios productores, lo que favorece la biodiversidad (UZACHI, 2014). Sin embargo, en este entorno, la práctica de roza, tumba y quema es una

amenaza que favorece la erosión hídrica del suelo, y el uso indiscriminado de agroquímicos ponen en riesgo su fertilidad.

Para hacer frente a esta situación, la organización Guitani S.P.R. de R.I., de la comunidad zapoteca de San Miguel Suchixtepec, en la Sierra Sur de Oaxaca, está implementando el sistema MIAF,⁸ (un sistema agroforestal de cultivo intercalado, constituido por tres especies: frutales, maíz y frijol u otra especie comestible). Su propósito es la producción orgánica de maíz y frutales, conservando los servicios ecosistémicos de los suelos.

**PARCELA DE MIAF DEL SEÑOR CONSTANTINO
HERNÁNDEZ CRUZ, EN SAN MIGUEL SUCHIXTEPEC**



⁸ Siglas de Milpa Intercalada con Árboles Frutales. Ver: www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasCOUSSA/03%20MILPA%20INTERCALADA%20CON%20FRUTALES.pdf. Consultado el 15 de abril de 2015.

Las ventajas de este sistema son: i) el control de la erosión hídrica, se conserva el suelo, se disminuyen los escurrimientos (Figueroa *et al.*, 2005) y se hace un uso más eficiente del agua de lluvia; ii) el aumento del contenido de materia orgánica (Etchevers *et al.*, 2005); iii) la conservación de la biodiversidad del suelo; iv) es una tecnología económicamente y socialmente viable (León *et al.*, 2005); y v) es eficiente en la producción de granos básicos, con lo que se logra la seguridad alimentaria sustentable de las familias rurales (Cortés *et al.*, 2005).

PRÁCTICAS AGRONÓMICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE SUELOS EN DOS CDT DEL FIRA/BANCO DE MÉXICO

La conservación del suelo tiene importantes implicaciones económicas en el sector rural, dos casos son la labranza de conservación y el uso de biofertilizantes:

Labranza de conservación

El CDT Villadiego ha promovido, durante 27 años, el sistema de labranza de conservación, por medio de la capacitación rural a productores, mostrando la importancia de esta técnica para la conservación de suelos y en la mejora de rendimientos agrícolas.

La labranza de conservación, que es la siembra de manera directa sobre los residuos de la cosecha anterior sin tener que preparar el terreno, tiene importantes beneficios que se traducen en mayor productividad y rentabilidad agrícola por ahorro en costos de producción (hasta 20 por ciento menos), ahorro en combustible (70 litros de diesel por hectárea por ciclo, evitando emitir un estimado de 188 kilogramos de bióxido de carbono), eliminación de la práctica de quema de residuos, mayor infiltración y conservación de agua por el mantillo protector generado por el rastrojo (20 por ciento de ahorro de agua con respecto al sistema tradicional de labranza).

LABRANZA DE CONSERVACIÓN



Uso de compostas y líquidos orgánicos en la producción hortofrutícola

Existen diversas prácticas o métodos para regresar al suelo lo que de él se extrae, es decir, retornar los nutrientes mediante prácticas de fertilización utilizando insumos locales. En ese sentido, se puede citar la composta,⁹ el lombricomposteo¹⁰ y los biofertilizantes¹¹. Para realizar estas prácticas se requiere de un recurso que se encuentra disponible en cualquier zona rural y es útil para adicionar al suelo los nutrimentos extraídos: el estiércol, un fertilizante natural de bajo costo.

⁹ Es el proceso de descomposición de los desperdicios orgánicos, mediante el cual la materia vegetal y animal se transforman en abono.

¹⁰ Es la descomposición controlada de materia orgánica utilizando lombrices de tierra. Los excrementos de la lombriz contienen cinco veces más nitrógeno, siete veces más fósforo, cinco veces más potasio y dos veces más calcio que el material orgánico que ingirieron.

¹¹ Son preparados de microorganismos aplicados al suelo y/o planta con el fin de sustituir parcial o totalmente la fertilización sintética, así como disminuir la contaminación generada por los agroquímicos (Armenta et al., 2010).

El CDT Salvador Lira López desarrolló, evaluó y actualmente difunde una alternativa tecnológica que consiste en la instalación de un biodigestor de flujo continuo, alimentado por agua y excretas (estiércol) de ganado, la elaboración de biofertilizante adecuado a las necesidades del cultivo a partir del líquido de salida del biodigestor y la administración del biofertilizante al cultivo, a través de un sistema de riego por goteo, mostrando incrementos en los rendimientos y disminución en el costo por fertilización. Por ejemplo, para un huerto familiar los ahorros son de hasta el 60 por ciento en el costo de producción, y para la producción de zarzamora se estima una reducción en costos de fertilización de hasta un 38 por ciento, lo que implica mejores ingresos con relación al manejo convencional. El uso de la biofertilización por medio de insumos locales, como las excretas del ganado, permiten mejorar los rendimientos e ingresos de los productores, mejorar la calidad del suelo y contribuir a la seguridad alimentaria con el aumento en la productividad.

HUERTO FAMILIAR TRATADO CON BIOFERTILIZANTES



4. MANEJO DE CUENCAS Y CONSERVACIÓN DE SUELOS

En la medida en que el recuerdo de las acciones colectivas se enlaza con los caprichos de la topografía... el espacio se convierte en territorio.

Paul Claval, geógrafo francés.

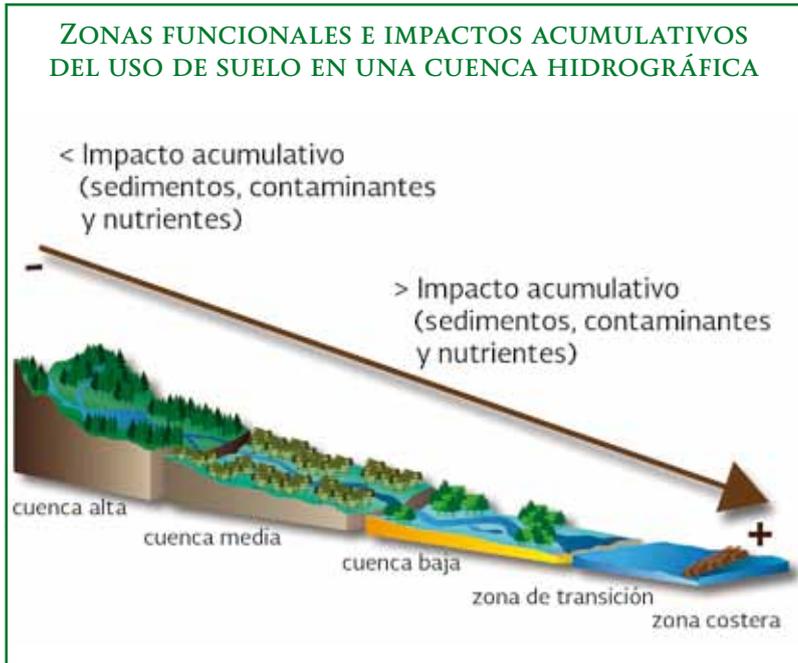
La conservación del suelo está íntimamente relacionada con el manejo del territorio. En una cuenca hidrográfica -definida por sus parteaguas y una salida única de los escurrimientos- se desarrolla una lógica de acumulación de impactos de las actividades humanas, entre ellas sedimentos, contaminantes y/o nutrientes, a lo largo de sus zonas funcionales, las cuales se mencionan a continuación:

- La cuenca alta o cabecera, donde ocurren principalmente procesos erosivos.
- La cuenca media o zona de transición, donde suceden tanto fenómenos erosivos como de transporte de sedimentos.
- La cuenca baja o zona de emisión, donde el transporte de sedimentos es el fenómeno más importante.

Entender las características y propiedades de los suelos en una cuenca y su relación con el agua, la cobertura vegetal y la intervención humana, es necesario para construir una visión común a partir de reconocer la aptitud del territorio y mantener o mejorar los beneficios que nos dan los suelos como base de la funcionalidad de una cuenca.

El enfoque de manejo integral de cuencas en la conservación del suelo es propicio para orientar un manejo ordenado del territorio, que derive en suelos vivos y productivos y una

reducción de los impactos a lo largo de la cuenca, como una estrategia también para adaptarnos en un contexto de vulnerabilidad al cambio climático.



5. REFLEXIONES Y RETOS PARA LA CONSERVACIÓN DE SUELOS

Cuando uno jala una sola cosa en la naturaleza se encuentra que está agarrada del resto del mundo.

John Muir, naturalista estadounidense.

Los suelos son sustento de nuestros ecosistemas, de los cultivos y de nuestra historia y cultura. Sin embargo, sufren una creciente presión por la intensificación y la competencia de su uso para la agricultura, la silvicultura, la ganadería y el crecimiento de las ciudades, constatando la reducción de rendimientos, el abandono de unidades de producción por deterioro de la fertilidad, el incremento de azolves y de problemas contaminación de los cuerpos de agua (Sarukhán y Cotler, 2015).

El cambio climático, el crecimiento de las ciudades y el incremento en la demanda de alimentos son elementos que determinan retos mayores que exigen de todos los actores y sectores efectivas acciones para la conservación de suelos. Dichas acciones requieren priorizarse y armonizarse ante la problemática de que en México la mitad de los suelos presenta degradación, lo que genera un problema social que inicia en la parcela y se acumula a lo largo de las cuencas hidrográficas, afectando grandes superficies y a millones de personas.

Algunos elementos clave ante el reto de incidir en la conservación de suelos en nuestro país son:

- **Fomentar procesos participativos para la conservación de suelos**

Las acciones de conservación de suelos, como medio para recuperar sus funciones y su calidad, deben ser identifica-

das y apropiadas por la misma comunidad, a partir de un diagnóstico claro y preciso de las causas de la degradación. En principio, deben priorizarse acciones de prevención de la erosión. En procesos de degradación presentes las intervenciones deben dirigirse a reducirlos. En ambos casos es importante considerar que los procesos de conservación pueden tomar varios años o décadas. Por ello, el acompañamiento técnico y de incentivos económicos para la conservación debe ajustarse a estos periodos temporales bajo una creciente participación de los dueños de la tierra.

- **Implementar sistemas de información sobre el suelo**
 Actualizar datos y conocer periódicamente el grado de degradación del suelo, las variables de presión en cada región o cuenca y las acciones para su conservación son fundamentales como producto de un robusto sistema de información, ya que no se puede proteger lo que no se conoce. La conservación de suelos y su promoción deben partir de un conocimiento detallado de la problemática y sus causas a diversas escalas, para incidir de manera eficaz.
- **Desarrollar e implementar efectivos programas y proyectos de educación, capacitación y comunicación para la conservación de suelos**
 Es fundamental generar y fomentar procesos educativos sistemáticos, significativos, a largo plazo, en diferentes modalidades y ámbitos, que se reflejen en una mayor valoración de nuestros suelos y en una mayor participación individual y colectiva en su conservación.
- **Armonizar políticas agropecuarias, urbanas y ambientales para detener y revertir la degradación de suelos**
 El diseño de políticas públicas para atender la degradación de suelos y su impacto en la calidad de vida deben partir del

PROTIERRAS, UNA INICIATIVA PARA LA CONSERVACIÓN DE SUELOS EN MÉXICO

En México se diseña, por conducto del Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable (CECADESU) y la Dirección General de Sector Primario y Recursos Naturales Renovables, de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), un modelo para la reducción de la degradación de las tierras con una estrategia basada en la gestión del territorio y en el manejo sustentable de tierras a nivel de microrregiones, articulándose en dos ejes principales: el fortalecimiento de las capacidades de gestión territorial y el desarrollo de modelos de manejo sustentable de tierras partiendo de procesos participativos locales.

reconocimiento de que este es un problema social y público. Asimismo, deben ser congruentes y armónicas y estar alineadas en sus incentivos para atender la problemática desde sus causas, con el soporte sinérgico de los instrumentos normativos y de fomento de diversos sectores.

- **Fomentar el manejo integral de cuencas como modelo para la conservación de suelos**

El enfoque de manejo integral de cuencas es útil para planear e implementar acciones participativas de conservación de suelos, vinculadas a una lógica de impactos acumulados que son claramente identificados en la degradación de suelos en una cuenca hidrográfica.

Conservar los suelos de las cuencas parte de cada uno de nosotros, de nuestra participación decidida en la comunidad y desde nuestro ámbito, para proponer e implementar acciones. Esta publicación pretende que tú seas promotor o promotora de la conservación de suelos, a partir de que reconozcas su importancia como un recurso natural fundamental para la vida y el desarrollo.

FUENTES

- Armenta, A.D., C. García, J.R. Camacho, M.A. Apodaca, L. Gerardo y E. Nava (2010). “Biofertilizantes en el desarrollo agrícola de México”, en: *Ra Ximhai* 6 (1): 51-56.
- Badía, D. y C. Martí (2011). *Edafos, un programa interactivo para el conocimiento del suelo*. España: Universidad de Zaragoza. En: www.cienciadelsuelo.es
- Brady, N. y R. Weil (2008). *The nature and properties of soils*. 14va. edición, revisada, 975 pp.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (2011). *La biodiversidad en Veracruz: Estudio de estado. La biodiversidad en el suelo: estudio de caso en la Sierra de Santa Marta (Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas)*. México: Conabio/Gobierno del Estado de Veracruz/Universidad Veracruzana/Instituto de Ecología, A.C., pp. 271-283.
- Cortés J., A. Turrent, P. Díaz, E. Hernández, H. Mejía, R. Mendoza, A. Ramos y E. Aceves (2005). “Tecnologías alternativas sustentables”, en: *Informe de actividades 1999-2005. VII Reunión del Comité Técnico de Coordinación y Seguimiento*. México: Colegio de Postgraduados.
- Cotler, H., E. Sotelo, J. Domínguez, M. Zorrilla, S. Cortina y L. Quiñonez (2007). “La conservación de suelos: un asunto de interés público”, en: *Gaceta Ecológica* 83. México: Instituto Nacional de Ecología/SEMARNAT.
- ----- C.A. López y S. Martínez (2011). “¿Cuánto nos cuesta la erosión de suelos? Aproximación a una valoración económica de la pérdida de suelos agrícolas en México”, en: *Investigaciones Ambientales* 3 (2): 31-43.
- ----- A. Galindo, I.D. González, R.F. Pineda y E. Ríos (2013). *Cuencas hidrográficas. Fundamentos y perspec-*

tivas para su manejo y gestión. Cuadernos de Divulgación Ambiental. México: CECADESU/SEMARNAT, 32 pp. En: http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2013/Cuencas_final_2014.pdf

- ----- S. Cram, S. Martínez y E. Quintanar (2013). “Forest soil conservation in central Mexico: an interdisciplinary assessment”, en: *Catena* 104: 280-287.
- ----- S. Cram, S. Martínez y V. Bunge (2015). “Evaluación de prácticas de conservación de suelos forestales en México: caso de las zanjas trincheras”, en: *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía*. México: UNAM.
- Doran, J.W. y B.T. Parkin (1994). “Defining soil quality for a sustainable environment”, en: *Soil Science Society of America, Inc.* 35, número especial. Estados Unidos: Madison, Wisconsin.
- Dubbin, W. (2001). *Soils*. Reino Unido: The Natural History Museum, Londres.
- Etchevers, J.D., M. Hidalgo, C. Padilla, M.A. López, S. Vergara, M. Acosta, H. Estrada y M. Schott (2005). “Metodología de la medición de la captura de carbono”, en: *Informe de actividades 1999-2005. VII Reunión del Comité Técnico de Coordinación y Seguimiento*. México: Colegio de Postgraduados.
- FAO (2015a). *2015, Año Internacional de los Suelos, suelos sanos para una vida sana*, sección Acerca de. En: www.fao.org/soils-2015/about/key-messages/es/
- ----- (2015b). *El suelo es un recurso no renovable*. En: www.fao.org/3/a-i4373s.pdf
- ----- (2015c). *AGP Biodiversidad y servicios del ecosistema*. En: <http://www.fao.org/agriculture/crops/corethemes/theme/biodiversity0/es/#graybox>

- Fernández, D.S. (2012). *Priorización hidrológica de las principales asociaciones suelo-vegetación presentes en la cuenca del Río Mixteco, en el estado de Oaxaca*. México: World Wildlife Fund-México.
- ----- (2014). *Estrategias de manejo para la producción sustentable en laderas de la cuenca del Río Mixteco, en el estado de Oaxaca*. México: World Wildlife Fund-México.
- Figueroa, F.S., M. Martínez, E. Rubio, R. López, O.A. Estrada, C. Moreno y R. Gómez (2005). “Caracterización geográfica y medición de escurrimientos”, en: *Informe de actividades 1999-2005. VII Reunión del Comité Técnico de Coordinación y Seguimiento*. México: Colegio de Postgraduados.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (2007). *Cambio climático 2007. Informe de síntesis*. En: www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf
- León, A., M. Hernández, O.L. Figueroa, E. Valtierra, J.F. Núñez, M. Escalona, A. Quispe, L. Jiménez y F. Medina (2005). “Evaluación socioeconómica en comunidades indígenas”, en: *Informe de actividades 1999-2005. VII Reunión del Comité Técnico de Coordinación y Seguimiento*. México: Colegio de Postgraduados.
- Loredo, C. (2005). *Prácticas para la conservación del suelo y agua en zonas áridas y semiáridas*, Libro Técnico número 1. México: SAGARPA/INIFAP-CIRNE Campo Experimental San Luis, 187 pp.
- Maass J., P. Balvanera, A. Castillo, G. Daily, H. Mooney, P. Ehrlich, M. Quesada, A. Miranda, F. Oliva, V. Jaramillo, H. Martínez, H. Cotler, J. López, A. Pérez, C. Búrquez, J. Ayala y J. Sarukhán (2005). “Ecosystem services of tropical dry forests: insights from long-term ecological and social

research on the Pacific Coast of Mexico”, en: *Ecology and Society* 10 (1): 17.

- Mace G., K. Norris y A. Fitter (2012). “Biodiversity and ecosystem services: a multilayered relationship”, en: *Trends in Ecology and Evolution* 27 (1): 19-26.
- ONU (2013). Resolución aprobada por la Asamblea General el 20 de diciembre. 68/232 Día Mundial del Suelo y Año Internacional de los Suelos. En: www.un.org/es/comun/docs/?symbol=A/RES/68/232
- Perfecto I. y J. Vandermeer (2008). “Biodiversity conservation in tropical agroecosystems: a new conservation paradigm”, en: *Annals of the New York Academy of Sciences* 1134: 173-200.
- ¿Qué es el Proyecto Mixteca?, en: www.proyectomixteca.org.mx/que-es-el-proyecto-mixteca/
- Sarukhán J. y H. Cotler (2015). “Nos estamos serruchando el piso”, en: *Revista Este País* 287: 33-37. México.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales/ Colegio de Postgraduados (2003). *Evaluación de la degradación de los suelos inducida por el hombre en la República Mexicana, escala 1:250,000*.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2012). *Informe de la situación del Medio Ambiente en México. Compendio de estadísticas ambientales, indicadores clave y de desempeño ambiental*. Capítulo 3. Suelos. En: http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_12/pdf/Cap3_suelos.pdf
- Unión de Comunidades Productoras Forestales Zapotecas-Chinantecas de la Sierra Juárez de R.I., UZACHI, (2014). *Estrategia de capacitación integral comunitaria para el manejo de la milpa en las sierras del estado de Oaxaca*.

Suelos, bases para su manejo y conservación
se imprimió en 2015, en los talleres gráficos de
Litoprocess, S.A. de C.V., ubicados en Calz. San Francisco
Cautlalpan 102-A, Col. San Francisco Cautlalpan, 53569,
Naucalpan de Juárez, estado de México.

El tiro consta de 20 mil ejemplares

