

The image features a monochromatic, warm-toned background with abstract, layered shapes in shades of orange and red. In the center, a white line-art illustration depicts a plant's root system growing from a pot. The roots are shown as a network of branching lines extending downwards. The word "SUELOS" is written in a white, serif font, positioned in the lower-left quadrant of the image.

SUELOS

SUELOS

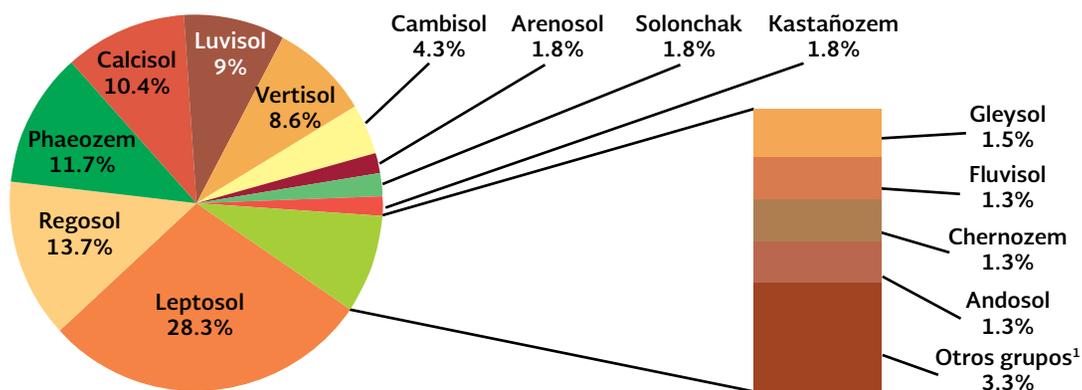
En México existe una gran diversidad de suelos que puede explicarse por la interacción de diversos factores, entre los que se encuentran la compleja topografía originada por la actividad volcánica del Cenozoico, el amplio gradiente altitudinal (que va de los cero a poco más de 5 600 metros sobre el nivel del mar), la presencia de cuatro de los cinco grandes tipos de climas reconocidos por la clasificación de Köppen¹ y la enorme diversidad paisajística y de tipos de rocas que existen en el territorio (ver Recuadro *¿Qué es el suelo y cómo se forma?*).

SUELOS DE MÉXICO

De acuerdo con el INEGI (2007), en México existen 26 de los 32 grupos de suelo reconocidos por el Sistema Internacional Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (IUSS, 2007). Dominan los Leptosoles (28.3% del territorio), Regosoles (13.7%), Phaeozems (11.7%), Calcisoles (10.4%), Luvisoles (9%) y Vertisoles (8.6%) que, en conjunto, ocupan 81.7% de la superficie nacional (Figura 3.1).

Superficie relativa de los principales grupos de suelo en México, 2007

Figura 3.1



Nota:

¹ Incluye: Umbrisol, Durisol, Acrisol, Planosol, Solonetz, Gypsisol, Nitisol, Alisol, Lixisol, Histosol, Ferralsol y Plintosol.

Fuente:

INEGI. *Conjunto de Datos Vectorial Edafológico, escala 1: 250 000, Serie II (Continuo Nacional)*. México. 2007.

¹ Según la modificación de García (1988).

La definición de suelo depende del área de interés que se involucra con él. Desde una visión geotécnica, es el material sin consolidar que se encuentra sobre el lecho rocoso. Para la ingeniería civil es el material sobre el que se construye y excava, siendo sus propiedades determinantes para el tipo y características de la obra a construirse.

Desde el punto de vista agrícola, el suelo es la capa de material fértil que recubre la superficie de la Tierra y que es explotada por las raíces de las plantas y a partir de la cual obtienen sostén, nutrimentos y agua. Desde una perspectiva ambiental, existen varias definiciones que incorporan su papel fundamental en los procesos ecosistémicos, debido a las funciones y servicios que realiza tales como la regulación y la distribución del flujo de agua o como amortiguador de los efectos de diversos contaminantes.

A partir de su origen y de los factores ambientales, la Sociedad Americana de la Ciencia del Suelo (SSSA, por sus siglas en inglés), lo define como la capa superficial de material mineral y orgánico, no consolidado, que sirve de medio natural para el crecimiento de las plantas, y que ha sido sujeto y presenta los efectos de los factores que le dieron origen (clima, topografía, biota, material parental¹ y tiempo) y que debido a la interacción de éstos, difiere en sus propiedades físicas, químicas, biológicas y morfológicas del sustrato rocoso del que se originó. Por ello, el suelo ya no es roca ni sedimento geológico, sino un producto proveniente de las alteraciones e interacciones que experimentan estos materiales (Sumner, 2000).

El proceso de formación del suelo comienza con la desintegración de la roca madre 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. En el caso de la actividad biológica, las cianobacterias y los líquenes son los primeros colonizadores del sustrato rocoso, liberan ácidos orgánicos débiles, como el ácido carbónico, que disuelve lentamente la roca madre. El efecto mecánico del crecimiento de las raíces acelera la ruptura de las rocas, además de que la presencia de las plantas permite una gran actividad de micro y meso organismos y la acumulación de materia orgánica en diferentes estados de descomposición, la cual también contribuye a la formación del suelo.

Aunque el suelo está en constante formación, el proceso es sumamente lento. Se calcula que para tener un centímetro de suelo en la capa superficial son necesarios entre 100 y 400 años, por lo cual se considera que el suelo es un recurso natural no renovable en la escala de tiempo humana.

Referencias:

Astier-Calderón, M., Maass-Moreno y J. Etchevers-Barra. Derivación de indicadores de calidad de suelos en el contexto de la agricultura sustentable. *Agrociencia* 36: 605-620. 2002.

SSSA. *Glossary of Soil Science Terms*. Disponible en: www.soils.org. Fecha de consulta: julio de 2012.

Sumner, M.E. *Handbook of Soil Science*. CRC Press. USA. 2000.

¹ Son los materiales que le dan origen al suelo. Pueden ser productos de la alteración de las rocas o sedimentos no consolidados de cualquier procedimiento y composición.

En el 52.4% del territorio nacional hay suelos someros y poco desarrollados: Leptosoles (54.3 millones de ha), Regosoles (26.3 millones) y Calcisoles (20 millones), lo cual dificulta su aprovechamiento agrícola y aumenta su vulnerabilidad a la erosión. Los suelos con mayor fertilidad: Phaeozems, Luvisoles y Vertisoles (22.5, 17.3 y 16.5 millones de ha, respectivamente) cubren en conjunto 29.3% del país (Figura 3.1; Mapa 3.1). En el resto del territorio (alrededor de 35 millones de hectáreas) se presentan los otros 20 grupos edáficos, los cuales se distribuyen en un gran número de relieves, microclimas y tipos de vegetación (*Cuadro D3_SUELO01_01*). Para mayores detalles respecto a las características de los suelos presentes en el país consultar el Recuadro *Grupos principales de suelos en México*.

AGRICULTURA Y GRUPOS DE SUELO

En las últimas décadas, la intensidad en el desarrollo agropecuario del país determinó que los suelos más fértiles y profundos, con buena estructura y alto contenido de nutrimentos y

materia orgánica tuvieran mayor demanda. Entre la mitad de los años 70 y finales de la primera década del siglo XXI, el porcentaje de Luvisoles, Vertisoles y Phaeozems dedicados a las actividades agropecuarias pasó de 35.8% (24.1% dedicado a la agricultura y 11.7% en pastizales para la ganadería) a 44.4% (29.6% en agricultura y 14.8% en pastizales).

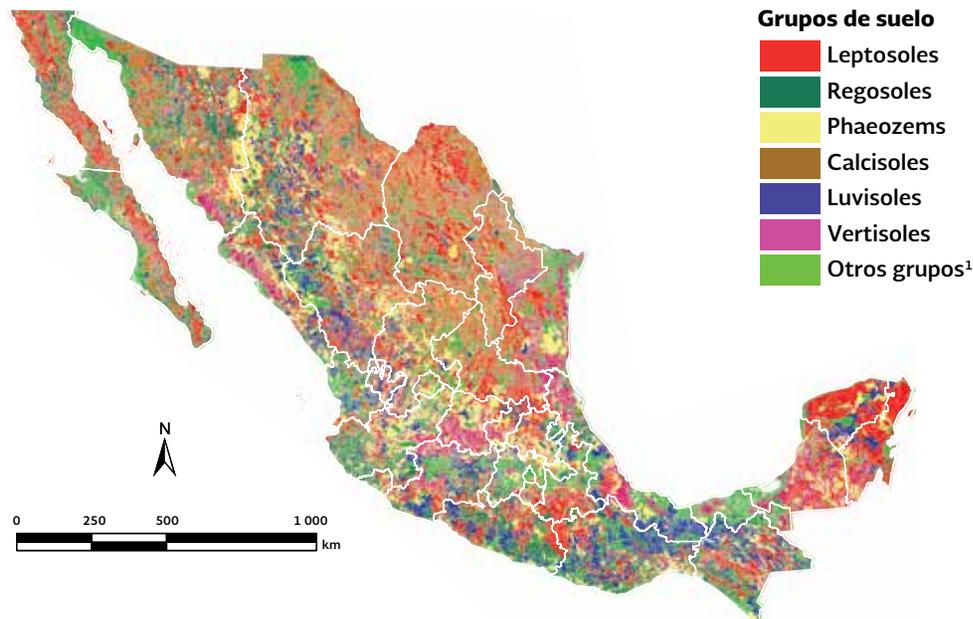
En menor magnitud, los suelos que se consideran poco aptos para la agricultura o la ganadería (como los Leptosoles, Regosoles y Calcisoles) también han sido utilizados para estos fines. A mitad de la década de los 70, el 9.9% de la superficie nacional de este conjunto de suelos estaba dedicado a las actividades agropecuarias, mientras que a finales de la primera década del siglo XXI, esta cifra se incrementó a 14% (7.4% en agricultura y 6.6% en pastizales; Figura 3.2).

LA DEGRADACIÓN DE LOS SUELOS EN MÉXICO

El suelo es una parte fundamental en el funcionamiento de los ecosistemas; en él se

Principales grupos de suelo en México, 2007

Mapa 3.1



Nota:

¹ Incluye: Cambisol, Arenosol, Solonchak, Kastañozem, Gleysol, Flusivol, Chernozem, Andosol, Umbrisol, Durisol, Acrisol, Planosol, Solonetz, Gypsisol, Nitisol, Alisol, Lixisol, Histosol, Ferralsol y Plintisol.

Fuente:

Elaboración propia con datos de:

INEGI. *Conjunto de Datos Vectorial Edafológico, Escala 1: 250 000, Serie II (Continuo Nacional)*. México. 2007.

En México existe una gran diversidad edáfica representada por 26 grupos de suelo. Sin embargo, sólo seis de ellos, en conjunto ocupan el 81.7% del territorio. Algunas de las características de estos grupos principales se presentan a continuación:

Los Leptosoles (del griego *leptos*, delgado), que se conocen en otras clasificaciones como Litosoles y Redzinas, son suelos muy delgados, pedregosos y poco desarrollados que pueden contener una gran cantidad de material calcáreo. Son los suelos de mayor distribución a nivel mundial (1 655 millones de hectáreas; IUSS, 2007) y están asociados a sitios de compleja orografía, lo que explica su amplia distribución en México. Estos suelos se encuentran en todos los tipos climáticos (secos, templados, húmedos), y son particularmente comunes en las zonas montañosas y en planicies calizas superficiales, como las de la Península de Yucatán. Su potencial agrícola está limitado por su poca profundidad y alta pedregosidad, lo que los hace difíciles de trabajar. Aunado a ello, el calcio que contienen puede inmovilizar los nutrientes minerales, por lo que su uso agrícola es limitado si no se utilizan técnicas apropiadas, por ello, es preferible mantenerlos con la vegetación original.

En México, los Leptosoles son comunes en la Sierra Madre Oriental, la Occidental y la del Sur, las Penínsulas de Yucatán y Baja California y una vasta región del Desierto Chihuahuense. Particularmente, en la Península de Yucatán, los Leptosoles

tienen una capa superficial rica en materia orgánica, pero también pueden presentar problemas de manejo agrícola por la escasa retención de humedad debido a lo somero del suelo y alta cantidad de afloramientos rocosos.

En la categoría de Regosoles (del griego *reghos*, manto) se agrupa a los suelos que no pueden ser clasificados dentro de los grupos reconocidos por el Sistema Internacional Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (IUSS, 2007). En otras clasificaciones se reconocen como Entisoles. En general, son suelos muy jóvenes que se desarrollan sobre material no consolidado¹, de colores claros y pobres en materia orgánica. Se encuentran en todos los climas, con excepción de zonas de permafrost, y en todas las elevaciones, y son particularmente comunes en las regiones áridas, semiáridas (incluyendo los trópicos secos) y montañosas. Muchas veces se asocian con los Leptosoles y con afloramientos de roca o tepetate.

Los Regosoles de zonas áridas tienen escasa vocación agrícola, aunque su uso depende de su profundidad, pedregosidad y fertilidad, por lo que sus rendimientos son variables (FAO, 2001). A nivel mundial, los Regosoles ocupan alrededor de 260 millones de hectáreas (IUSS, 2007). En México, las mayores extensiones se encuentran en la Sierra Madre Occidental y del Sur y en la Península de Baja California. Las variantes más comunes en el territorio son los Regosoles eútricos y calcáricos que se caracterizan por tener una

¹ Es un agregado natural de partículas poco cohesivas, no cementadas entre sí.

capa ócrica, que cuando se retira la vegetación, se vuelve dura y costrosa lo que impide la penetración del agua hacia el subsuelo y dificulta el establecimiento de las plantas. Esta combinación (escasa cubierta vegetal y baja infiltración de agua al suelo) favorece la escorrentía superficial, y con ello, la erosión.

Los Phaeozem (del griego *phaios*, oscuro y del ruso *zemlja*, tierra) también se forman sobre material no consolidado. Se encuentran en climas templados y húmedos con vegetación natural de pastos altos o bosques. Son suelos oscuros y ricos en materia orgánica, por lo que son muy utilizados en agricultura de temporal; sin embargo, las sequías periódicas y la erosión eólica e hídrica son sus principales limitantes. Se utilizan intensamente para la producción de granos (soya, trigo y cebada, por ejemplo) y hortalizas, y como zonas de agostadero cuando están cubiertos por pastos. A nivel mundial, ocupan alrededor de 190 millones de hectáreas, de las cuales cerca de una cuarta parte se encuentra en las pampas argentinas y uruguayas (IUSS, 2007). En México, se distribuyen en porciones del Eje Neovolcánico, la Sierra Madre Occidental, la Península de Yucatán, Guanajuato y Querétaro, principalmente.

Los Calcisoles (del latín, *calx*, cal) son suelos propios de las zonas áridas y semiáridas, frecuentemente asociados a materiales parentales ricos en bases (depósitos aluviales, coluviales y eólicos). En los Calcisoles se desarrollan preferentemente los matorrales xerófilos con arbustos y pastos efímeros. Su

potencial agrícola puede ser alto, siempre y cuando se cuente con infraestructura de riego, fertilización y un adecuado drenaje que evite la potencial salinización y el encostramiento superficial originado por el arrastre de las sales y los altos índices de evaporación (IUSS, 2007).

Es difícil calcular con exactitud la superficie mundial que ocupan los Calcisoles debido a que muy comúnmente se encuentran combinados con los Solonchak; sin embargo, su extensión se estima en alrededor de mil millones de hectáreas, principalmente en las regiones áridas, semiáridas y subtropicales de ambos hemisferios. En México, se encuentran en el Desierto Chihuahuense, y en los estados de Aguascalientes, Baja California, Baja California Sur, Chihuahua, Coahuila, Durango, Nuevo León, San Luis Potosí, Sonora y Zacatecas.

Los Luvisoles (del latín *luere*, lavar) son suelos que se encuentran sobre una gran variedad de materiales no consolidados, tales como las terrazas aluviales o los depósitos glaciales, eólicos, aluviales y coluviales. Son muy comunes en climas templados y fríos o cálidos húmedos con estacionalidad de lluvia y sequía. Son comunes en bosques de coníferas y selvas caducifolias del sur del país. Se encuentran dentro de los suelos más fértiles, por lo que su uso agrícola es muy elevado y cubre, por lo general, la producción de granos pequeños, forrajes y caña de azúcar. Los Luvisoles se extienden por alrededor de 500 a 600 millones de hectáreas en el mundo (IUSS, 2007). En México, se encuentran en la Sierra Madre Occidental, Guerrero,

Oaxaca, Campeche y la Península de Yucatán, entre otras regiones.

Los Vertisoles (del latín *vertere*, invertir) son suelos de climas semiáridos a subhúmedos y de tipo mediterráneo, con marcada estacionalidad de sequía y lluvias. La vegetación natural que se desarrolla en ellos incluye sabanas, pastizales y matorrales. Se pueden encontrar en los lechos lacustres, en las riberas de los ríos o en sitios con inundaciones periódicas. Se caracterizan por su alto contenido de arcillas que se expanden con la humedad y se contraen con la sequía, lo que puede ocasionar grietas en esta última temporada. Esta propiedad hace que aunque son muy fértiles, también sean difíciles de trabajar debido a su dureza durante el estiaje y a que son muy pegajosos en las lluvias (IUSS, 2007). A nivel mundial ocupan alrededor de 335 millones de hectáreas, de las cuales cerca de la mitad se destinan al cultivo de maíz (IUSS, 2007).

En México, sus colores más comunes son el negro o gris oscuro en las zonas centro y oriente del país y el café rojizo hacia el norte. Su uso agrícola particularmente de riego, es muy extenso, variado y productivo. Ocupan gran parte de los principales distritos de riego en Sinaloa, Sonora, Guanajuato, Jalisco, Tamaulipas y Veracruz. Se utilizan para la producción de caña, cereales, hortalizas y algodón. Tienen baja susceptibilidad a la erosión y alto riesgo de salinización (INEGI, 2012).

Referencias:

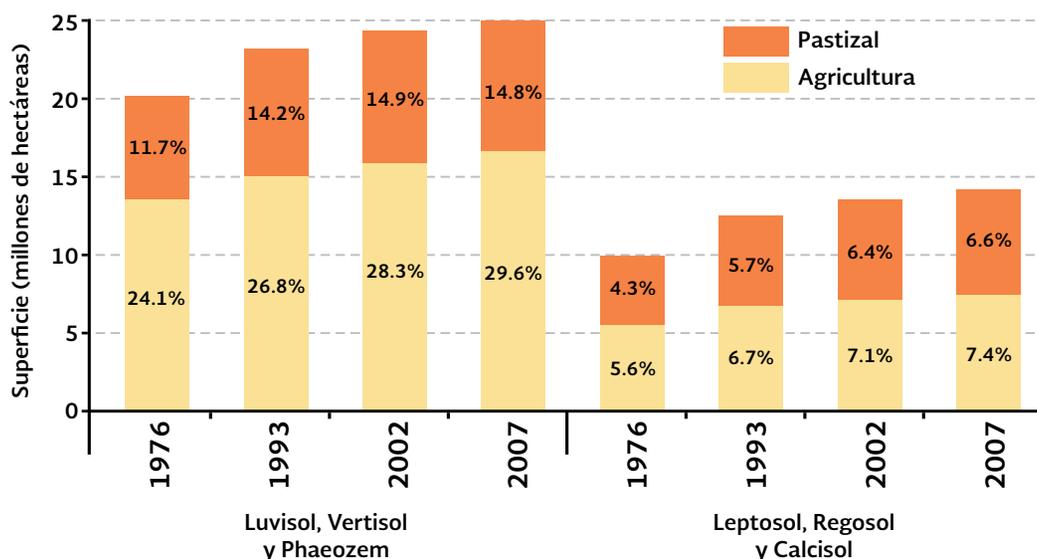
INEGI. *Aspectos generales del territorio mexicano. Recursos Naturales. Edafología*. Disponible en: <http://mapserver.inegi.org.mx>. Fecha de consulta: febrero de 2012.

IUSS *Grupo de Trabajo WRB. Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Primera actualización 2007. Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos No. 103*. FAO. Roma. 2007.

realizan funciones tan importantes como los ciclos biogeoquímicos y la captura de agua (ver Recuadro *Los servicios ambientales del suelo*). Su formación involucra periodos que pueden llegar a miles de años, pero su degradación, algunas veces irreversible, puede realizarse en periodos considerablemente más cortos.

Cuando se habla de la degradación del suelo se hace referencia a los procesos inducidos por las actividades humanas que provocan la disminución de su productividad biológica o de su biodiversidad, así como de la capacidad actual y/o futura para sostener la vida humana (Oldeman, 1998).

Debido a la importancia económica, política y social de la degradación del suelo, tanto en México como en el mundo se han realizado diversos estudios para evaluar la magnitud de la superficie afectada, así como el tipo y grado de afectación. En nuestro país se han realizado diversas evaluaciones, pero debido a diferencias metodológicas y a la escala utilizada, sus resultados no son comparables. Los dos más recientes se hicieron en los primeros años del siglo XXI y son la *Evaluación de la pérdida de suelos por erosión hídrica y eólica en la República Mexicana, escala 1: 1 000 000* (Semarnat y UACH, 2003) y la *Evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre*



Notas:

¹ Aunque la Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie I hace referencia al año 1976, para su elaboración se emplearon fotografías aéreas de prácticamente toda la década de los 70.

² Los porcentajes que aparecen en las barras, se calcularon tomando como base la superficie conjunta de estos suelos a nivel nacional reportada por INEGI (2007), y la extensión de uso del suelo y vegetación reportada también por INEGI (1993, 2004, 2005 y 2011) para los años 1976, 1993, 2002 y 2007.

Fuentes:

INEGI. Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie I (1968-1986), escala 1: 250 000. México. 1993.
 INEGI. Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie II (Reestructurada) (1993), escala 1: 250 000. México. 2004.
 INEGI. Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie III (2002), escala 1: 250 000 (Continuo Nacional). México. 2005.
 INEGI. Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie IV (2007), escala 1: 250 000. México. 2011.
 INEGI. Conjunto de Datos Vectorial Edafológico, Serie II, escala 1: 250 000 (Conjunto Nacional). 2007.

en la República Mexicana, escala 1: 250 000 (Semarnat y CP, 2003).

En el primer estudio, se evaluó de manera indirecta la pérdida de suelo por erosión hídrica y eólica a partir de información cartográfica (p. e., de edafología y precipitación) y de modelos paramétricos (Ecuación Universal de Pérdida de Suelos y Ecuación de la Erosión Eólica) que fueron alimentados por algunas variables evaluadas en muestras de suelo. Por su metodología, la estimación resultante es una medida de la degradación potencial² y no una evaluación directa de la degradación existente en el país. Este enfoque, sin embargo, permite identificar las zonas que se encuentran en mayor riesgo, y con ello contribuir a que se

tomen decisiones sobre el uso del suelo en el marco del desarrollo sustentable, de tal manera que se impida o reduzca su degradación.

Los resultados de este trabajo muestran que 42% de la superficie nacional podría resultar afectada por erosión hídrica, y que 17 entidades federativas mostrarían daño en más de 50% de su territorio, entre ellas Guerrero (79.3%), Puebla (76.6%), Morelos (75.2%), Oaxaca (74.6%) y el estado de México (73.7%). También las regiones montañosas de las Sierras Madre Oriental, Occidental y del Sur, así como vastas regiones de Chiapas y las entidades del centro del país, tendrían riesgo de presentar alta y muy alta pérdida de suelo por erosión hídrica (Mapa 3.2).

² La degradación potencial es el pronóstico de las pérdidas, arrastre o transporte de partículas de suelo que tendría lugar en caso de no existir cubierta vegetal como consecuencia del efecto combinado de la lluvia, los escurrimientos, la erodabilidad de los suelos y el relieve (Moreira-Madueño, 1991; Centro de Información de Recursos Naturales, 2010).

Los servicios ambientales son los beneficios que la población obtiene de los ecosistemas. Comúnmente se clasifican en servicios de soporte, regulación, provisión y culturales. El suelo, al formar parte de los ecosistemas, contribuye de manera sustancial a la provisión de servicios ambientales, principalmente de las primeras tres categorías, que son indispensables para el sustento de la humanidad. Entre estos servicios se encuentran:

- **Servicios de soporte:** se relacionan en gran parte con la propia heterogeneidad de suelo, ya que provee una gran variedad de microambientes para las bacterias, protozoarios, artrópodos y nemátodos que están involucrados en el reciclaje de la materia orgánica y en la continuidad de los principales ciclos biogeoquímicos. Además, el suelo es el sustrato donde las bacterias fijan el nitrógeno atmosférico que después es utilizado por las plantas, y también es uno de los principales reservorios de carbono en los ecosistemas terrestres. Los suelos contienen mucho más carbono que el que se encuentra en la vegetación y cerca de dos veces más que el que se encuentra en la atmósfera (FAO, 2004). Esta captura reduce su liberación a la atmósfera como CO₂, uno de los principales gases de efecto invernadero.

- **Servicios de regulación:** el suelo tiene la capacidad de filtrar, desactivar o retener compuestos potencialmente tóxicos que pudieran llegar a las aguas subterráneas o afectar las redes tróficas de los ecosistemas terrestres y acuáticos.

Además de que la actividad microbiana y las interacciones químicas entre las partículas de arcilla y materia orgánica, pueden ayudar a degradar o desactivar estos compuestos. Asimismo, interviene en la regulación climática por medio de su papel en el ciclo hidrológico, y por su capacidad de absorber y posteriormente emitir calor.

- **Servicios de provisión:** se obtienen del suelo de manera indirecta, y tienen que ver con la producción de biomasa vegetal (alimentos) para el consumo humano y animal o para la producción de combustibles y textiles. El suelo aloja también organismos que son fuente de genes utilizados en el desarrollo biotecnológico, en el control de los patógenos o para promover el crecimiento vegetal. Además, en el suelo se encuentran materiales de construcción como arenas, gravas y arcillas, así como piedras y metales preciosos.

Referencias:

FAO. *Carbon sequestration in dryland soils. World Soils Resources Reports*. No. 102. FAO. Rome. 2004. Disponible en: www.fao.org/docrep/007/y5738e/y5738e00.htm. Fecha de consulta: abril de 2012.

Millennium Ecosystem Assessment. *Ecosystems and Human Well-being: Current State and Trends*. MEA. Island Press. Washington, D.C. 2005.

Con respecto a la erosión eólica potencial, se estimó que 89% del territorio nacional estaría en riesgo de ser afectado. Prácticamente el 100% del territorio de Aguascalientes, Baja California, Baja California Sur, Sonora, Durango y Zacatecas, tendría alta y muy alta erosión eólica potencial, lo que concuerda con los tipos de vegetación y climas típicos en las zonas áridas y semiáridas del país. Sólo dos entidades mostraron menos de 30% de su territorio con riesgo de presentar erosión eólica: Chiapas (29.3%) y el Distrito Federal (21.8%; Mapa 3.3).

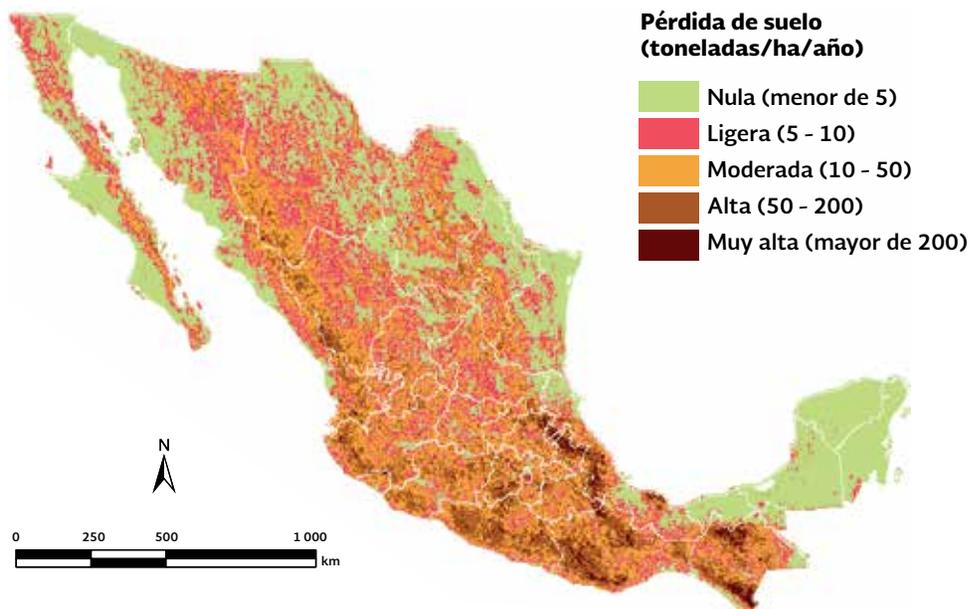
El segundo estudio reportado en este Informe es la *Evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre* (Semarnat y CP, 2003). Es el más reciente y el de mayor nivel de resolución que se ha hecho para México, y a diferencia del anterior, se sustenta en un amplio muestreo en campo que permitió determinar de manera directa cuatro procesos de degradación del suelo: erosión hídrica y eólica y degradación física y química, así como sus causas, tipos específicos y niveles de afectación.

La erosión hídrica se define como la remoción laminar o en masa de los materiales del suelo debido a la acción del agua de lluvia, la cual puede deformar el terreno y originar canalillos y cárcavas. En la erosión eólica, el agente erosivo es el viento. La degradación química involucra procesos que conducen a la disminución o eliminación de la productividad biológica del suelo y está fuertemente asociada con la presencia de actividades agrícolas. La degradación física se refiere a un cambio en la estructura del suelo cuya manifestación más conspicua es la pérdida o disminución de su capacidad para absorber y almacenar agua.

De acuerdo con esta evaluación, el 44.9% de los suelos del país estaban afectados por algún proceso de degradación, los cuales se ubican tanto en zonas de ecosistemas naturales como manejados. La degradación química ocupaba el primer lugar (34.04 millones de hectáreas, 17.8% del territorio nacional), seguida por la erosión hídrica (22.72 millones de hectáreas, 11.9%), eólica (18.12 millones de hectáreas, 9.5%) y, al final, la degradación física (10.84

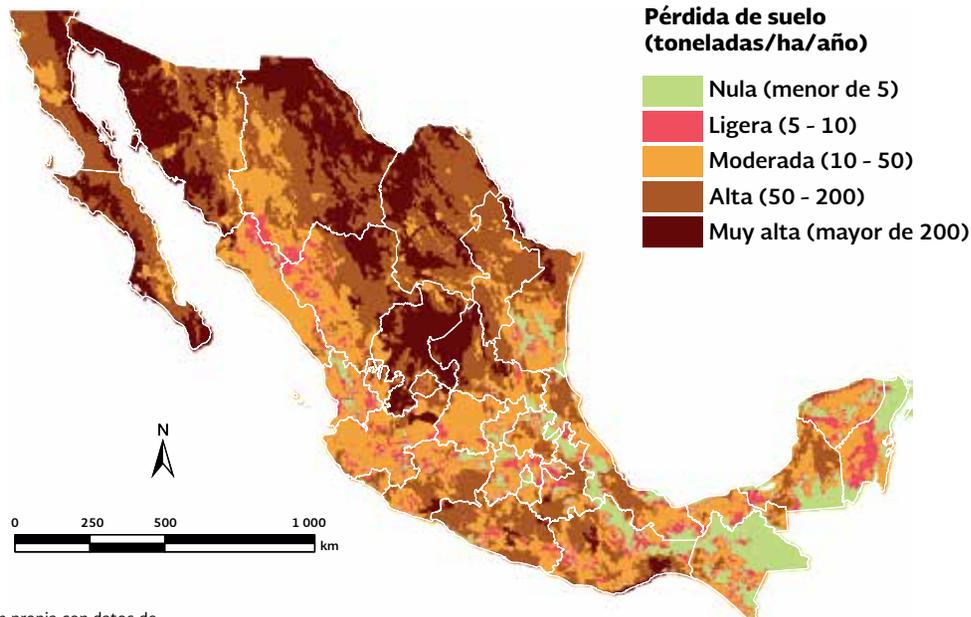
Erosión hídrica potencial de suelos según nivel, 2002

Mapa 3.2



Fuente:

Elaboración propia con datos de:
Semarnat y UACH. *Evaluación de la pérdida de suelos por erosión hídrica y eólica en la República Mexicana*, escala 1: 1 000 000. Memoria 2001-2002. México. 2003.



Fuente:
Elaboración propia con datos de:
Semarnat y UACH. *Evaluación de la pérdida de suelos por erosión hídrica y eólica en la República Mexicana*, escala 1: 1 000 000. Memoria 2001-2002. México. 2003.



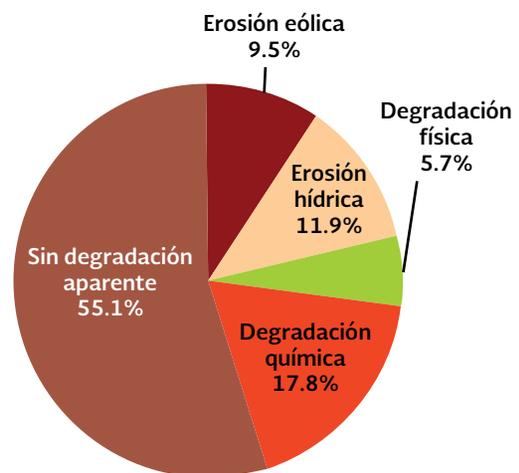
millones de hectáreas, 5.7%; Figura 3.3; **IB 3.3, IC 13**)³. Los suelos sin degradación aparente se encontraban en 55.1% del país (105.2 millones de hectáreas).

Con respecto a las subdivisiones de los cuatro grandes procesos, tanto en la erosión hídrica como en la eólica, el tipo específico dominante fue la pérdida de suelo superficial. En el caso de la hídrica, representó 88% de la superficie nacional afectada, y en la eólica, el 95.5%. En la degradación química predominó la disminución de la fertilidad del suelo (92.7% de la superficie nacional con degradación química) y en la física, la compactación (68.2% de la superficie nacional con degradación física; Figura 3.4; [Cuadro D3_SUELO03_01](#)).

Otro ángulo de análisis de la degradación de suelo es a través del nivel de afectación en que se encuentran los terrenos, el cual se determinó a partir de la reducción de la

Superficie relativa afectada por procesos de degradación del suelo en México, 2002¹

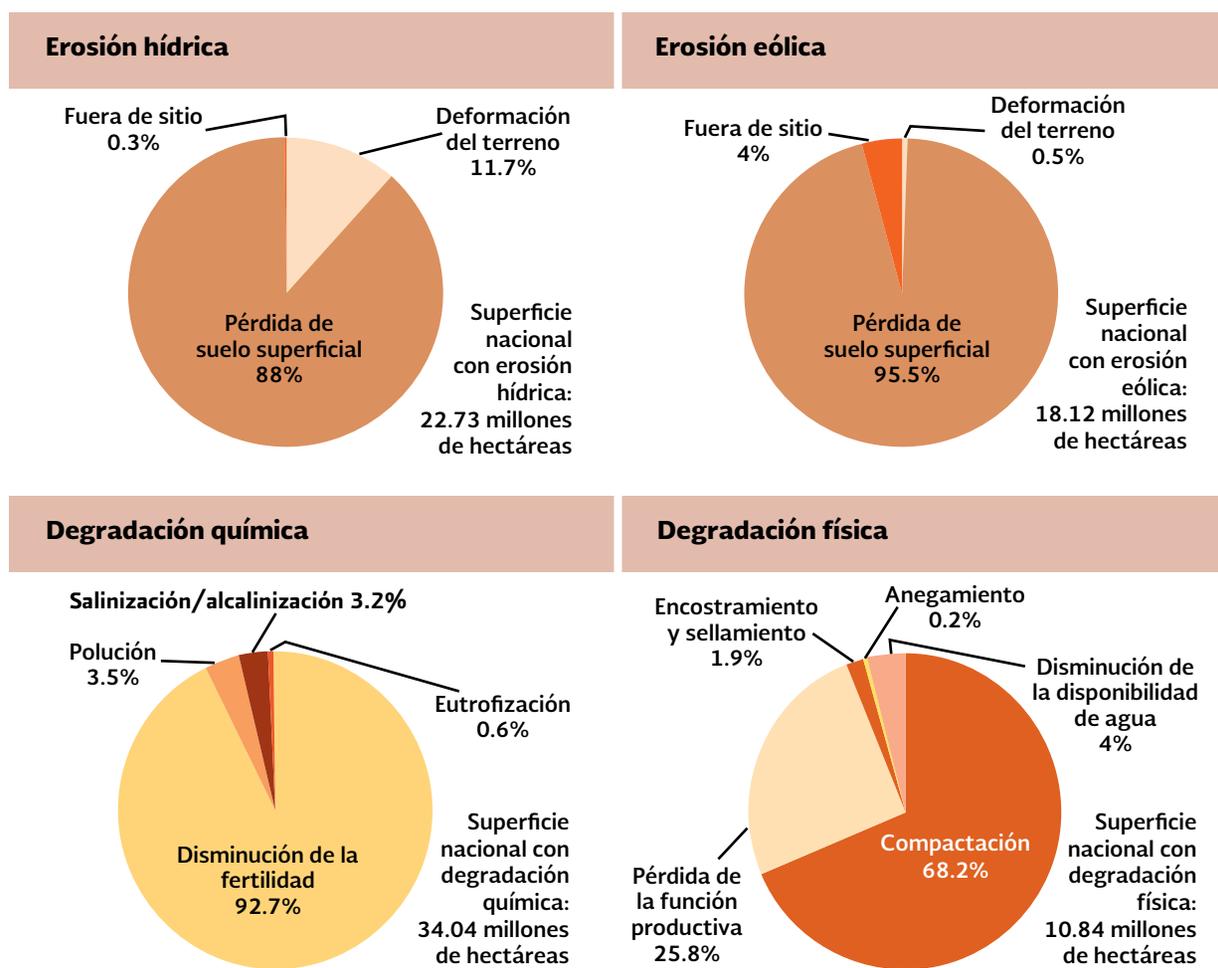
Figura 3.3



Nota:
¹ Superficie nacional considerada: 1 909 818.5 km². No incluye cuerpos de agua, asentamientos humanos, zonas urbanas, regiones desprovistas de vegetación y superficie insular.

Fuente:
Elaboración propia con datos de:
Semarnat y CP. *Evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre en la República Mexicana*, escala 1: 250 000. Memoria Nacional 2001-2002. México. 2003.

³ Los porcentajes pueden variar con respecto a otros análisis por la superficie nacional considerada, que aquí fue de 1 909 818.5 km² y no incluye cuerpos de agua, asentamientos humanos, zonas urbanas, regiones desprovistas de vegetación y superficie insular.



Nota:
¹ Los porcentajes pueden no sumar 100% debido al redondeo de las cifras.

Fuente:
 Elaboración propia con datos de:
 Semarnat y CP. *Evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre en la República Mexicana, escala 1: 250 000. Memoria Nacional 2001-2002.* México, 2003.

productividad biológica⁴. De esta manera, el 2.1% (3.97 millones de hectáreas) del país se ubicó en los niveles de fuerte a extremo y el 42.8% (81.78 millones de hectáreas) entre ligero y moderado (Figura 3.5; [Cuadro D3_SUELO03_01](#)). Al combinar los procesos y los niveles de degradación del suelo, se obtuvo que entre 55 y 62% de la superficie con degradación química y física y erosión hídrica se encontraba en nivel ligero, mientras que para el caso de la erosión eólica, el nivel dominante fue el

moderado, ya que estaba presente en cerca del 67% de la superficie afectada (Figura 3.6).

Las causas de la degradación de los suelos en el país involucran actividades de diversa índole: 35% de la superficie nacional degradada se asocia a las actividades agrícolas y pecuarias (17.5% cada una de ellas) y 7.4% a la pérdida de la cubierta vegetal. El resto se divide entre urbanización, sobreexplotación de la vegetación y actividades industriales (Mapa 3.4).

⁴ Nivel ligero: los terrenos aptos para sistemas forestales, pecuarios y agrícolas locales presentan alguna reducción apenas perceptible en su productividad; nivel moderado: los terrenos aptos para sistemas forestales, pecuarios y agrícolas locales presentan una marcada reducción en su productividad; fuerte: los terrenos a nivel de predio o de granja, tienen una degradación tan severa, que se pueden considerar con productividad irrecuperable a menos que se realicen grandes trabajos de ingeniería para su restauración; extremo: su productividad es irrecuperable y su restauración materialmente imposible.

En virtud de las diferencias regionales en las afectaciones de los diferentes procesos de degradación del suelo, en las siguientes secciones de este capítulo se describen de manera detallada las características, niveles, distribución geográfica y causas de los cuatro procesos de degradación de suelo de acuerdo con la *Evaluación de la degradación de suelo causada por el hombre en la República Mexicana* (Semarnat y CP, 2003).

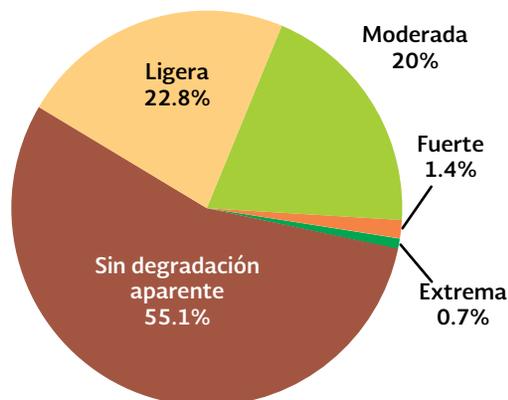
EROSIÓN HÍDRICA

La compleja topografía del territorio nacional es un factor que, combinado con el manejo inadecuado de las tierras forestales, agrícolas y ganaderas, puede favorecer las escorrentías que erosionan las capas superficiales del suelo.

La erosión hídrica se divide en tres tipos: deformación de terreno, efectos fuera de sitio y pérdida de suelo superficial. Este último tiene serias consecuencias en las funciones del suelo: remueve los nutrientes y la materia orgánica, reduce la profundidad de enraizamiento de las

Superficie relativa afectada por degradación del suelo según nivel en México, 2002

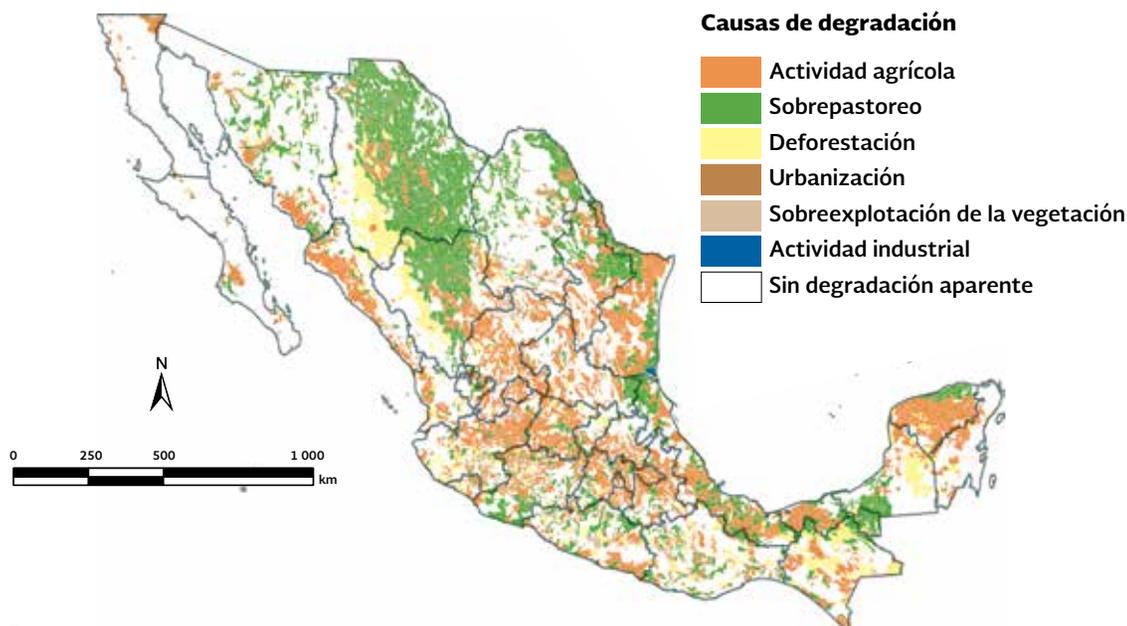
Figura 3.5



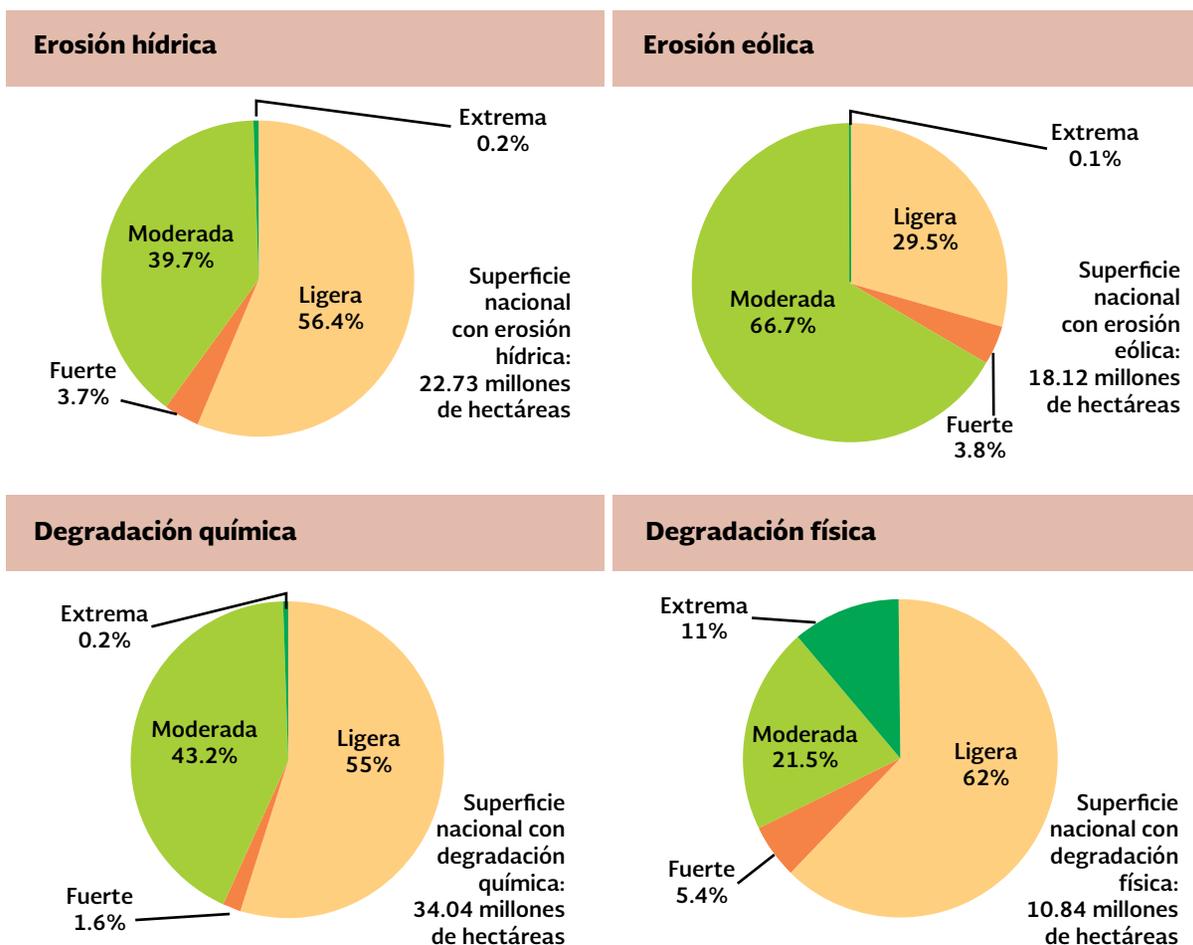
Fuente:
Elaboración propia con datos de:
Semarnat y CP. *Evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre en la República Mexicana*, escala 1: 250 000. Memoria Nacional 2001-2002. México, 2003.

Principales causas de degradación del suelo en México, 2002

Mapa 3.4



Fuente:
Elaboración propia con datos de:
Semarnat y CP. *Evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre en la República Mexicana*, escala 1: 250 000. Memoria Nacional 2001-2002. México, 2003.



Nota:

¹ Los porcentajes pueden no sumar 100% debido al redondeo de las cifras.

Fuente:

Elaboración propia con datos de: Semarnat y CP. *Evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre en la República Mexicana, escala 1: 250 000. Memoria Nacional 2001-2002. México. 2003.*

plantas y disminuye la tasa de infiltración y retención de agua.

Los otros dos tipos de erosión hídrica están muy relacionados entre sí. Cuando el suelo es arrastrado por el agua debido a que no hay suficiente protección por parte de la vegetación, se llegan a formar canales y cárcavas. Estas deformaciones del terreno permiten el escurrimiento de una gran cantidad de agua y el arrastre de sedimentos que pueden llegar a presas, ríos o lagunas, entre otros cuerpos de agua, contribuyendo a su contaminación, azolvamiento e incluso a que lleguen a desbordarse e inunden zonas

aledañas. A esto se le conoce como efectos fuera de sitio de la erosión hídrica.

De la superficie nacional con erosión hídrica (22.73 millones de ha), 56.4% se encuentra en el nivel ligero, 39.7% en el nivel moderado y 3.9% entre fuerte y extremo (Figura 3.6, Mapa 3.5, [Cuadro D3_SUELO03_03](#)). Si se analiza a nivel estatal, en proporción a su superficie, Guerrero tiene la mayor afectación con 31.8% de su territorio con erosión hídrica; mientras que Baja California Sur (0.03%), Baja California (0.1%) y Veracruz (1%) se encuentran entre las menos afectadas (Tabla 3.1).

EROSIÓN EÓLICA

La erosión eólica afecta principalmente a las regiones áridas, semiáridas y subhúmedas secas del país, aunque no es exclusiva de ellas. Sus causas también se atribuyen a una insuficiente protección del suelo por la cubierta vegetal, a la destrucción de la estructura del suelo y a niveles bajos de humedad. A escala nacional, 18.12 millones de hectáreas (equivalentes al 9.5% del territorio) muestran evidencias de erosión eólica.

Con respecto a los niveles de afectación por este tipo de erosión, del total nacional 66.7% se encuentra en nivel moderado, 29.5% en ligero y 3.9% entre fuerte y extremo (Figura 3.6; Mapa 3.6; [Cuadro D3_SUELO03_03](#)).

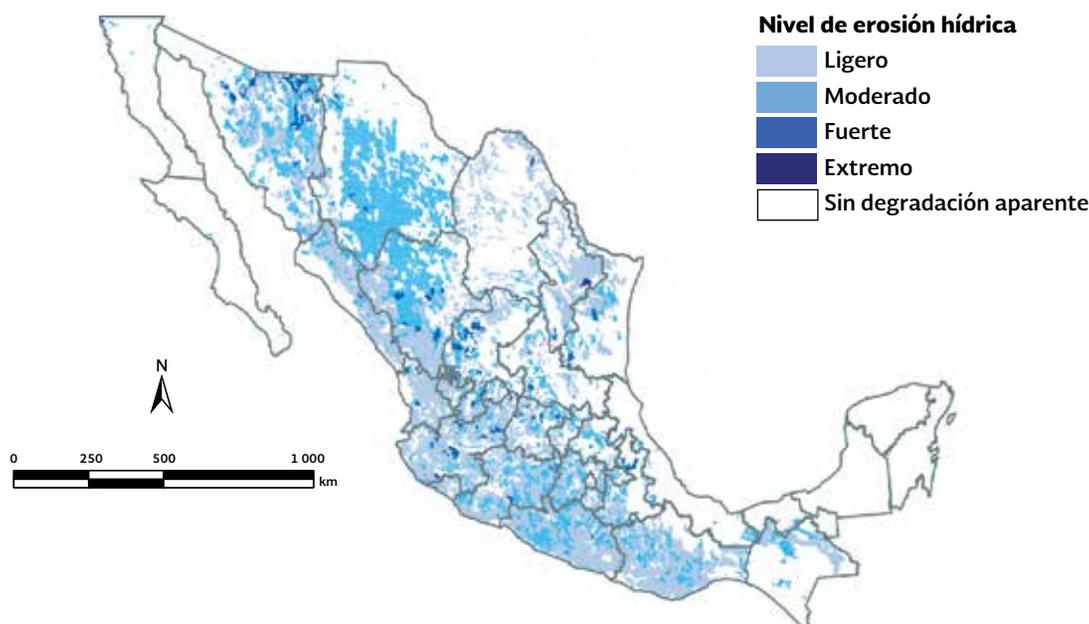
Las entidades más afectadas por la erosión eólica, en proporción a su superficie en 2002, fueron Chihuahua (28.5% de su territorio), Tlaxcala (26%), Nuevo León (18.9%) y Durango (17.9%); mientras que

Baja California (0.3%), Veracruz (0.7%), Baja California Sur (1.2%) y Colima (2.8%) se encontraban entre las menos afectadas (Tabla 3.2).

Los tipos específicos de erosión eólica son los mismos que los de la erosión hídrica. También en este caso predominó la pérdida de suelo superficial, que afectaba al 9.1% del territorio nacional. En los sitios que presentan indicios de erosión eólica y sus alrededores, es común la formación de dunas, lo que dificulta el establecimiento y el desarrollo de la vegetación. Los estados más afectados por la pérdida de suelo superficial en proporción a su superficie fueron Tlaxcala (26%), Chihuahua (25.9%) y Nuevo León (18.9%). Los otros dos tipos de erosión eólica, propiamente la deformación del terreno y los efectos fuera de sitio, cubrieron poco más de 800 mil hectáreas, es decir, 0.44% del territorio nacional. Esta superficie se concentró en los estados de Chihuahua, Durango, Coahuila y Puebla (Tabla 3.2).

Erosión hídrica de suelos según nivel en México, 2002

Mapa 3.5



Fuente:

Elaboración propia con datos de:
Semarnat y CP. *Evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre en la República Mexicana, escala 1: 250 000*. Memoria Nacional 2001-2002. México. 2003.

Erosión hídrica según tipo por entidad federativa, 2002
(Superficie en miles de hectáreas y en porcentaje)

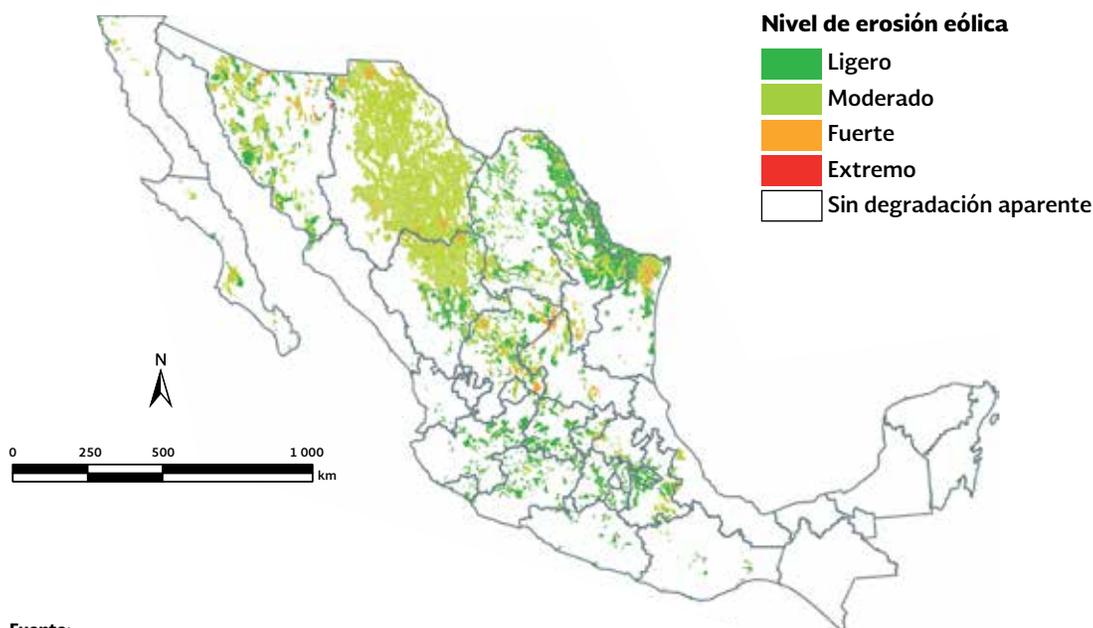
Tabla 3.1

	Deformación de terreno		Pérdida de suelo superficial		Fuera de sitio		Superficie estatal afectada	
	Superficie	Porcentaje	Superficie	Porcentaje	Superficie	Porcentaje	Miles de ha	Porcentaje
Aguascalientes	19.99	3.7	110.67	20.5	0	0	130.66	24.1
Baja California	2.65	0.04	3.93	0.1	0	0	6.58	0.1
Baja California Sur	1.06	0.02	1.14	0.02	0	0	2.20	0.03
Campeche	0	0	0	0	0	0	0	0
Coahuila	108.33	0.7	495.53	3.3	0	0	603.85	4.0
Colima	5.70	1.1	109.61	20.2	0	0	115.31	21.3
Chiapas	42.47	0.6	324.71	4.5	0	0	367.18	5.1
Chihuahua	35.35	0.1	2 915.07	11.9	0	0	2 950.42	12.0
Distrito Federal	0.75	0.9	15.77	17.9	0	0	16.52	18.8
Durango	208.45	1.7	2 608.14	21.5	0	0	2 816.59	23.2
Guanajuato	104.39	3.5	598.01	20.2	1.79	0.1	704.19	23.8
Guerrero	351.02	5.6	1 643.62	26.2	0	0	1 994.65	31.8
Hidalgo	10.87	0.5	120.73	5.9	0	0	131.61	6.5
Jalisco	182.73	2.4	1 723.26	22.8	6.52	0.1	1 912.51	25.3
México	158.02	7.5	382.92	18.2	0	0	540.94	25.7
Michoacán	242.99	4.3	1 292.23	22.8	0	0	1 535.22	27.1
Morelos	12.29	2.6	51.64	11.0	0	0	63.93	13.7
Nayarit	5.03	0.2	482.55	17.8	0	0	487.59	18.0
Nuevo León	102.80	1.6	564.42	9.0	0	0	667.21	10.6
Oaxaca	231.71	2.5	1 436.73	15.7	0	0	1 668.44	18.3
Puebla	105.05	3.1	232.42	6.9	0	0	337.46	10.1
Querétaro	11.57	1.0	148.93	13.2	2.42	0.2	162.92	14.4
Quintana Roo	0	0	0	0	0	0	0	0
San Luis Potosí	79.96	1.3	352.25	5.9	33.46	0.6	465.68	7.8
Sinaloa	41.67	0.8	821.60	15.4	0	0	863.27	16.2
Sonora	161.96	0.9	2 150.64	12.0	0	0	2 312.60	12.9
Tabasco	0.56	0.0	55.59	2.4	0	0	56.15	2.4
Tamaulipas	119.75	1.6	496.50	6.6	4.13	0.1	620.37	8.3
Tlaxcala	21.16	5.4	50.87	13.0	0	0	72.02	18.4
Veracruz	2.84	0.04	57.17	0.8	6.12	0.1	66.13	1.0
Yucatán	0	0	0	0	0	0	0	0
Zacatecas	289.33	3.9	757.31	10.2	6.87	0.1	1 053.51	14.2
Superficie nacional afectada	2 660.43	1.4	20 003.97	10.5	61.31	0.03	22 725.71	11.9

Fuente:

Elaboración propia con datos de:

Semarnat y CP. *Evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre en la República Mexicana, escala 1: 250 000. Memoria Nacional 2001-2002. México. 2003.*

**Fuente:**

Elaboración propia con datos de:
Semarnat y CP. *Evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre en la República Mexicana*, escala 1: 250 000. Memoria Nacional 2001-2002. México. 2003.

Un ejemplo de la importancia de la erosión eólica en su modalidad de efectos fuera de sitio se presentó en el Distrito Federal durante la década de los 50, cuando llegaban grandes tolvaneras provenientes del lecho seco del exlago de Texcoco. El paso estacional de los vientos del noreste arrastraba partículas de polvo, materia orgánica y microorganismos patógenos que provocaban problemas de salud a los habitantes de la Zona Metropolitana del Valle de México.

DEGRADACIÓN QUÍMICA

La degradación química fue el proceso de degradación del suelo más extendido en el país en el año 2002, con alrededor de 34.04 millones de hectáreas (17.8% del territorio). Considerando los niveles de degradación, el ligero está en 55% de la superficie nacional con este tipo de degradación; el moderado, en 43.2% y el fuerte y extremo en conjunto, sumaron el 1.8% (Figura 3.6; Mapa 3.7; [Cuadro](#)

[D3_SUELO03_03](#)). Si se analiza por entidad federativa, se observa que está presente en todo el país, en un rango que va de 1.9% de la superficie estatal en Baja California Sur hasta 55.1% en Yucatán (Tabla 3.3).

Los tipos de degradación química registrados en el estudio fueron la disminución de la fertilidad, polución⁵, salinización/alcalinización y eutrofización. La disminución de la fertilidad del suelo, entendida como el decremento neto de nutrientes y materia orgánica disponibles en el suelo, se debe a un balance negativo entre las entradas de nutrientes y materia orgánica (vía la fertilización, conservación de los residuos de las cosechas y los depósitos de sedimentos fértiles) y las salidas (representadas por los productos de las cosechas, las quemaduras o la lixiviación), todo ello con importantes repercusiones en la productividad del suelo. La disminución de la fertilidad fue el tipo de degradación química más importante en el país, cubriendo el 92.7% de la superficie afectada

⁵ La polución se diferencia de la contaminación en que ésta última se debe a una sustancia extraña que no produce efectos adversos significativos, mientras que la polución sí los tiene (Semarnat y CP, 2003).

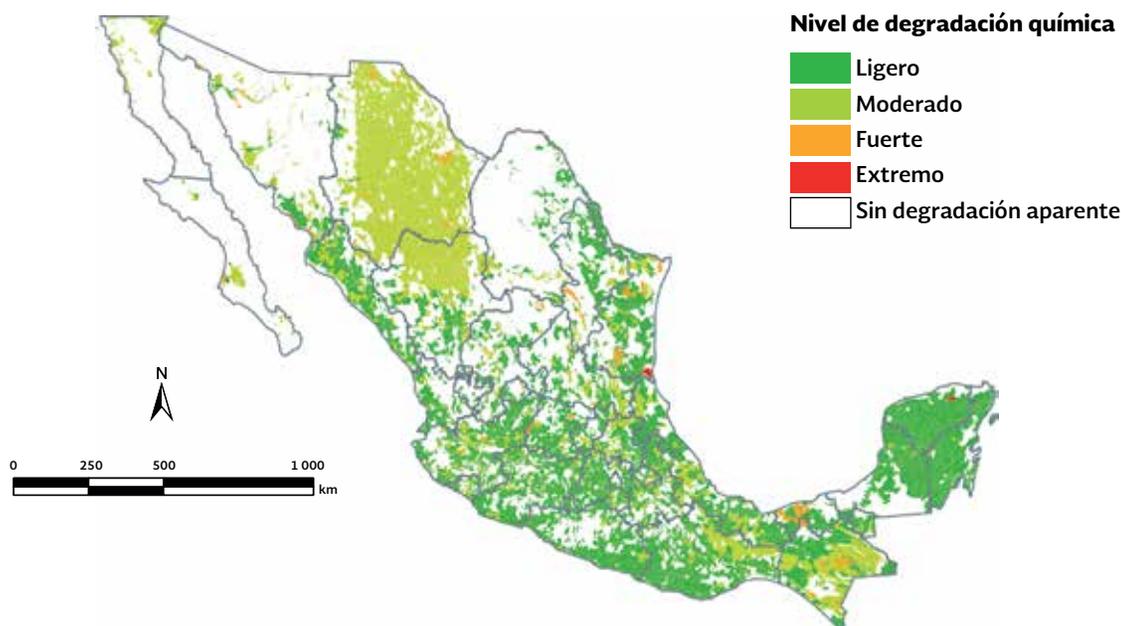
Erosión eólica según tipo por entidad federativa, 2002
(Superficie en miles de hectáreas y en porcentaje)

Tabla 3.2

	Deformación de terreno		Pérdida de suelo superficial		Fuera de sitio		Superficie estatal afectada	
	Superficie	Porcentaje	Superficie	Porcentaje	Superficie	Porcentaje	Miles de ha	Porcentaje
Aguascalientes	0	0	66.40	12.3	0	0	66.40	12.3
Baja California	0.00	0	19.62	0.3	0	0	19.62	0.3
Baja California Sur	0.00	0	83.36	1.2	0	0	83.36	1.2
Campeche	0.00	0	0	0	0	0	0	0
Coahuila	29.94	0.2	2 038.72	13.6	0	0	2 068.65	13.8
Colima	0.00	0	15.09	2.8	0	0	15.09	2.8
Chiapas	0.00	0	0	0	0	0	0	0
Chihuahua	0.00	0	6 367.20	25.9	636.74	2.6	7 003.93	28.5
Distrito Federal	0.00	0	2.12	2.4	0	0	2.12	2.4
Durango	0.47	0	2 097.87	17.3	81.31	0.7	2 179.65	17.9
Guanajuato	0.00	0	242.46	8.2	0	0	242.46	8.2
Guerrero	0.00	0	53.02	0.8	0	0	53.02	0.8
Hidalgo	2.47	0.1	109.23	5.4	0	0	111.69	5.5
Jalisco	0.00	0	204.56	2.7	0	0	204.56	2.7
México	0.00	0	99.52	4.7	0	0	99.52	4.7
Michoacán	0.00	0	183.48	3.2	0	0	183.48	3.2
Morelos	0.00	0	20.02	4.3	0	0	20.02	4.3
Nayarit	0.00	0	9.73	0.4	0	0	9.73	0.4
Nuevo León	0.00	0	1 187.78	18.9	0	0	1 187.78	18.9
Oaxaca	0.00	0	43.80	0.5	0	0	43.80	0.5
Puebla	43.08	1.3	280.31	8.4	0	0	323.39	9.6
Querétaro	0.00	0	82.85	7.3	0	0	82.85	7.3
Quintana Roo	0.00	0	0	0	0	0	0	0
San Luis Potosí	0.00	0	449.15	7.5	0	0	449.15	7.5
Sinaloa	2.66	0.1	22.61	0.4	0	0	25.27	0.5
Sonora	0.00	0.0	1 279.20	7.1	0	0	1 279.20	7.1
Tabasco	0.00	0	0	0	0	0	0.00	0
Tamaulipas	0.00	0	1 021.28	13.7	0	0	1 021.28	13.7
Tlaxcala	0.00	0	101.53	26.0	0	0	101.53	26.0
Veracruz	0.00	0	47.90	0.7	0	0	47.90	0.7
Yucatán	0.00	0	0	0	0	0	0	0
Zacatecas	4.78	0.1	1 194.62	16.1	0	0	1 199.40	16.2
Superficie nacional afectada	83.39	0.04	17 323.43	9.1	718.05	0.4	18 124.86	9.5

Fuente:

Elaboración propia con datos de:
Semarnat y CP. Evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre en la República Mexicana, escala 1: 250 000. Memoria Nacional 2001-2002. México, 2003.



Fuente:

Elaboración propia con datos de: Semarnat y CP. *Evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre en la República Mexicana*, escala 1: 250 000. Memoria Nacional 2001-2002. México. 2003.

por degradación química. Como ejemplo, más de la mitad de los suelos de Yucatán, y casi la tercera parte de los de Tlaxcala, Chiapas, Morelos, Tabasco y Veracruz tienen este problema (Tabla 3.3; Mapa 3.8).

Los restantes tres tipos específicos de degradación química están menos extendidos, ocupando, en conjunto, 7.3% de la superficie con degradación química del país, sin que por ello sean poco importantes. La polución se debe a la concentración y efecto biológico adverso de algunas sustancias que pueden provenir de tiraderos a cielo abierto, derrames, residuos industriales, deposición de compuestos acidificantes y/o metales pesados. La salinización y alcalinización, por su parte, están representadas por un incremento en el contenido de sales en el suelo superficial que provoca, entre otras cosas, la disminución del rendimiento de los cultivos. Sus posibles causas incluyen la intrusión de aguas marinas y el uso de sistemas de riego que utilizan agua con una alta concentración de sodio, lo que puede ocasionar la formación de una capa de salitre en la superficie de los suelos que tienen

drenaje deficiente, alta evaporación, o se encuentran bajo riego excesivo.

La salinización o alcalinización se presenta principalmente en las regiones áridas, en las cuencas cerradas y en las zonas costeras que tienen suelos naturalmente salinos. La eutrofización es el exceso de nutrientes en el suelo que perjudica el desarrollo de la vegetación y puede deberse a la aplicación excesiva de fertilizantes químicos. La polución, salinización y eutrofización se encuentran principalmente en Tamaulipas, San Luis Potosí, Chiapas, Nuevo León, Guanajuato, Sonora, Sinaloa y Zacatecas (Mapa 3.8).

DEGRADACIÓN FÍSICA

La degradación física es el proceso menos extendido en el país, ya que afecta a cerca de 6% de la superficie nacional; sin embargo, tiene un alto impacto debido a que es prácticamente irreversible y conlleva a la pérdida de la función productiva de los terrenos. En escala estatal, la entidad más afectada en términos relativos a su territorio,

Degradación química según tipo por entidad federativa, 2002
(Superficie en miles de hectáreas y en porcentaje)

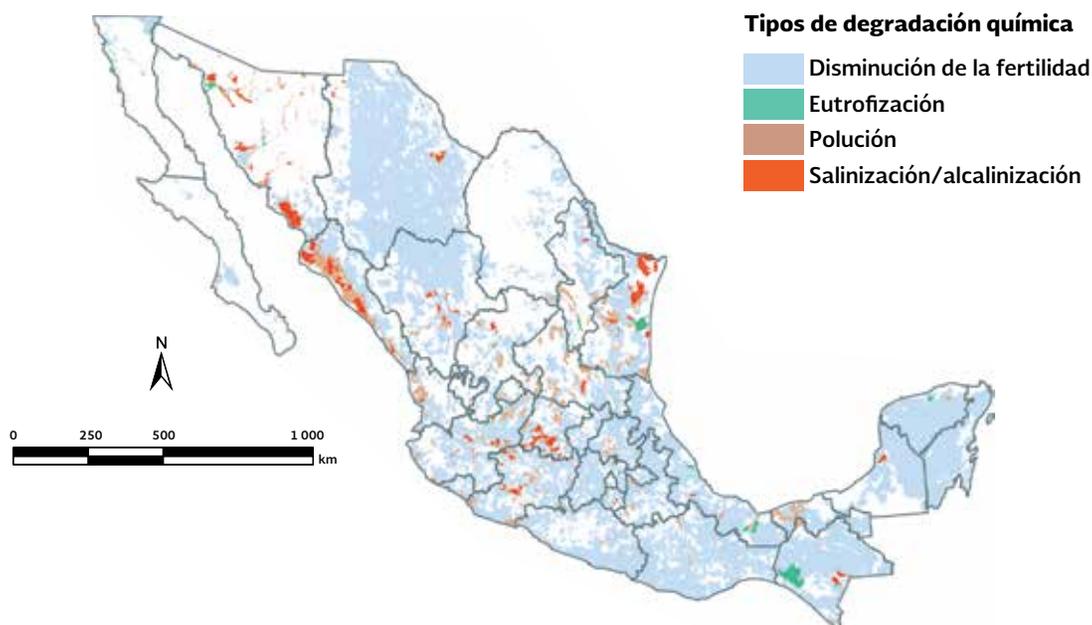
Tabla 3.3

	Disminución de la fertilidad		Polución		Salinización - Alcalinización		Eutrofización		Superficie estatal afectada	
	Superficie	Porcentaje	Superficie	Porcentaje	Superficie	Porcentaje	Superficie	Porcentaje	Miles de ha	Porcentaje
Aguascalientes	57.81	10.7	15.03	2.8	0	0	2.87	0.5	75.71	14.0
Baja California	111.72	1.6	0	0	98.15	1.4	50.40	0.7	260.26	3.6
Baja California Sur	132.75	1.9	1.56	0.02	0	0	0	0	134.31	1.9
Campeche	1 401.18	25.5	0	0	4.31	0.1	0	0	1 405.50	25.6
Coahuila	344.83	2.3	18.46	0.1	1.42	0.01	0	0	364.70	2.4
Colima	142.17	26.2	3.08	0.6	0.81	0.1	0	0	146.06	27.0
Chiapas	2 330.24	32.5	4.36	0.1	25.22	0.4	40.07	0.6	2 399.90	33.5
Chihuahua	5 455.26	22.2	5.10	0.02	30.46	0.1	0	0	5 490.81	22.4
Distrito Federal	11.77	13.4	0	0	0	0	0	0	11.77	13.4
Durango	2 107.78	17.4	19.02	0.2	16.66	0.1	0	0	2 143.46	17.6
Guanajuato	658.20	22.2	100.98	3.4	97.39	3.3	0	0	856.56	28.9
Guerrero	891.52	14.2	6.71	0.1	0.10	0.002	0	0	898.33	14.3
Hidalgo	473.75	23.2	80.29	3.9	0.11	0.01	0	0	554.15	27.2
Jalisco	1 528.85	20.2	99.29	1.3	28.51	0.4	0	0	1 656.64	21.9
México	544.66	25.9	0.49	0.02	0.11	0.01	0.46	0.02	545.71	26.0
Michoacán	1 218.91	21.5	28.48	0.5	67.00	1.2	0	0	1 314.40	23.2
Morelos	138.38	29.6	0.62	0.1	1.36	0.3	0	0	140.37	30.0
Nayarit	507.71	18.7	15.29	0.6	14.79	0.5	0	0	537.80	19.8
Nuevo León	464.01	7.4	133.08	2.1	9.33	0.1	7.92	0.1	614.34	9.8
Oaxaca	1 670.95	18.3	5.87	0.1	0	0	1.80	0.02	1 678.62	18.4
Puebla	735.84	22.0	5.47	0.2	0	0	0	0	741.31	22.1
Querétaro	198.06	17.5	0	0	1.11	0.1	0	0	199.17	17.6
Quintana Roo	1 020.10	25.7	0	0	0	0	0	0	1 020.10	25.7
San Luis Potosí	697.66	11.6	158.42	2.6	6.03	0.1	1.87	0.03	863.98	14.4
Sinaloa	1 410.84	26.5	49.97	0.9	193.98	3.6	0	0	1 654.80	31.1
Sonora	564.53	3.2	19.90	0.1	307.25	1.7	33.85	0.2	925.52	5.2
Tabasco	695.35	30.1	34.14	1.5	0	0	0	0	729.49	31.6
Tamaulipas	1 201.11	16.1	280.27	3.8	145.56	1.9	19.66	0.3	1 646.60	22.0
Tlaxcala	90.27	23.1	1.55	0.4	0	0	0	0	91.81	23.5
Veracruz	2 120.17	31.0	15.80	0.2	10.91	0.2	18.15	0.3	2 165.04	31.6
Yucatán	2 128.32	55.0	1.64	0.04	0	0	1.30	0.03	2 131.26	55.1
Zacatecas	549.68	7.4	78.54	1.1	3.98	0.1	11.86	0.2	644.06	8.7
Superficie nacional afectada	31 604.37	16.6	1 183.4	0.6	1 064.57	0.6	190.20	0.1	34 042.55	17.8

Fuente:

Elaboración propia con datos de:

Semarnat y CP. *Evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre en la República Mexicana, escala 1: 250 000. Memoria Nacional 2001-2002. México. 2003.*



Fuente:
Elaboración propia con datos de:
Semarnat y CP. *Evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre en la República Mexicana*, escala 1: 250 000. Memoria Nacional 2001-2002. México, 2003.

fue Tabasco (38.4%) y las entidades menos afectadas fueron Coahuila, Sonora, Querétaro, Nuevo León y Michoacán con menos de 2% cada una de ellas (Tabla 3.4).

La degradación física del suelo se puede presentar en cinco tipos específicos: compactación, encostramiento, anegamiento, disminución de la disponibilidad de agua y pérdida de la función productiva. La compactación se refiere a la destrucción de la estructura⁶ del suelo, y frecuentemente se asocia al pisoteo del ganado o al paso habitual de maquinaria pesada. En el encostramiento, los poros se rellenan con material fino, lo que impide la infiltración del agua de lluvia, con el consecuente incremento del volumen de las escorrentías superficiales y la erosión hídrica. Por lo general, este tipo de degradación es mayor en zonas con escasa cobertura vegetal y bajo contenido de materia orgánica, lo que incrementa el daño mecánico de las gotas de lluvia.

El anegamiento se debe a la presencia de una lámina superficial de agua sobre el suelo, frecuentemente asociada a la construcción de represas para riego. El caso contrario al anegamiento es la disminución de la disponibilidad de agua, que se origina por su extracción excesiva con fines agrícolas o de suministro a la población, o por la disminución de la cobertura vegetal y de la materia orgánica del suelo. Finalmente, la pérdida de la función productiva implica que los suelos, al ser usados en actividades no biológicas (por ejemplo construcción de infraestructura, minería o canteras) pierden su función productiva.

Los tipos de degradación física con mayor presencia en el país, fueron la compactación y la pérdida de la función productiva con 4% y 1.3% de superficie nacional afectada, respectivamente. El encostramiento, el anegamiento y la disminución de la disponibilidad de agua afectaron, en conjunto, al 0.31% del territorio nacional. La entidad más afectada por compactación, en términos relativos a

⁶ Se refiere al arreglo de las partículas de arena, limo y arcilla para formar conglomerados o agregados de suelo. Las partículas se mantienen unidas por raíces o productos de la actividad microbiana.

Degradación física según tipo por entidad federativa, 2002
(Superficie en miles de hectáreas y en porcentaje)

Tabla 3.4

	Encostramiento y sellamiento		Pérdida de la función productiva		Anegamiento		Disminución de la disponibilidad de agua		Compactación		Superficie estatal afectada	
	Superficie	Porcentaje	Superficie	Porcentaje	Superficie	Porcentaje	Superficie	Porcentaje	Superficie	Porcentaje	Miles de ha	Porcentaje
Aguascalientes	0	0	4.67	0.9	0	0	0	0	7.89	1.5	12.56	2.3
Baja California	0	0	93.18	1.3	0	0	0	0	42.80	0.6	135.98	1.9
Baja California Sur	0.21	0.003	81.01	1.1	0	0	0	0	4.33	0.1	85.55	1.2
Campeche	0	0	29.72	0.5	0	0	0	0	716.60	13.1	746.32	13.6
Coahuila	0	0	46.50	0.3	0	0	0	0	0	0	46.50	0.3
Colima	0	0	5.34	1.0	2.35	0.4	0	0	9.98	1.8	17.66	3.3
Chiapas	0	0	149.99	2.1	0	0	0	0	820.64	11.4	970.63	13.5
Chihuahua	0.60	0.002	445.45	1.8	0	0	421.23	1.7	90.89	0.4	958.18	3.9
Distrito Federal	0	0	8.76	10.0	0	0	0	0	1.40	1.6	10.15	11.5
Durango	0.15	0.001	161.27	1.3	0	0	0	0	83.24	0.7	244.66	2.0
Guanajuato	2.13	0.1	54.60	1.8	0	0	0	0	17.93	0.6	74.66	2.5
Guerrero	0	0	16.37	0.3	0	0	0	0	110.57	1.8	126.94	2.0
Hidalgo	0	0	34.03	1.7	0	0	0	0	44.79	2.2	78.83	3.9
Jalisco	12.99	0.2	170.51	2.3	5.50	0.1	0	0	113.31	1.5	302.32	4.0
México	0	0	61.64	2.9	0	0	0	0	25.20	1.2	86.84	4.1
Michoacán	3.91	0.1	35.40	0.6	0.56	0.01	0	0	61.73	1.1	101.60	1.8
Morelos	0	0	13.52	2.9	0	0	0	0	12.00	2.6	25.52	5.5
Nayarit	16.77	0.6	26.98	1.0	0.84	0.03	0	0	36.93	1.4	81.52	3.0
Nuevo León	0	0	62.23	1.0	0	0	4.23	0.1	7.02	0.1	73.48	1.2
Oaxaca	1.29	0.01	31.30	0.3	8.16	0.1	0	0	442.56	4.8	483.31	5.3
Puebla	0	0	32.32	1.0	0	0	0	0	64.95	1.9	97.27	2.9
Querétaro	0	0	11.52	1.0	0	0	0	0	7.45	0.7	18.98	1.7
Quintana Roo	0	0	80.07	2.0	0	0	0	0	104.10	2.6	184.17	4.6
San Luis Potosí	0	0	78.27	1.3	0	0	0	0	422.18	7.0	500.45	8.3
Sinaloa	100.81	1.9	135.19	2.5	0.20	0.004	0	0	3.41	0.1	239.61	4.5
Sonora	52.55	0.3	126.82	0.7	0	0	28.68	0.2	31.63	0.2	239.67	1.3
Tabasco	0	0	42.62	1.8	0.70	0.03	0	0	844.23	36.5	887.55	38.4
Tamaulipas	15.29	0.2	128.31	1.7	0	0	0	0	812.16	10.9	955.75	12.8
Tlaxcala	0	0	14.38	3.7	0	0	0	0	7.05	1.8	21.42	5.5
Veracruz	0	0	59.78	0.9	0	0	0	0	1 961.77	28.7	2 021.55	29.5
Yucatán	1.51	0.04	116.36	3.0	0	0	0	0	623.55	16.1	741.42	19.2
Zacatecas	0	0	101.08	1.4	0	0	0	0	165.66	2.2	266.74	3.6
Superficie nacional afectada	208.23	0.1	2 459.18	1.3	18.31	0.01	454.14	0.2	7 697.95	4.0	10 837.81	5.7

Fuente:

Elaboración propia con datos de:

Semarnat y CP. *Evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre en la República Mexicana, escala 1: 250 000. Memoria Nacional 2001-2002. México. 2003.*

su superficie, fue Tabasco (36.5%) y entre las menos afectadas se encuentran Sonora, Sinaloa, Nuevo León, Chihuahua, Baja California y Baja California Sur con menos de 1% cada una de ellas. En cuanto a la pérdida de la función productiva, la entidad más afectada en términos relativos a su superficie fue el Distrito Federal (10%), mientras que Campeche, Coahuila, Guerrero, Michoacán, Oaxaca, Sonora, Aguascalientes y Veracruz presentaron menos de 1% de afectación en su territorio (Tabla 3.4).

Con respecto a los niveles presentes en la degradación física, el extremo se presentó en 1.2 millones de hectáreas (11% de la superficie nacional afectada); el fuerte en 587 mil (5.4%); el moderado en 2.33 millones (21.5%) y el ligero en 6.72 millones (62%; Figura 3.6; Mapa 3.9, [Cuadro D3_SUELO03_03](#)).

RELACIÓN ENTRE LA DEGRADACIÓN DEL SUELO Y LA COBERTURA VEGETAL

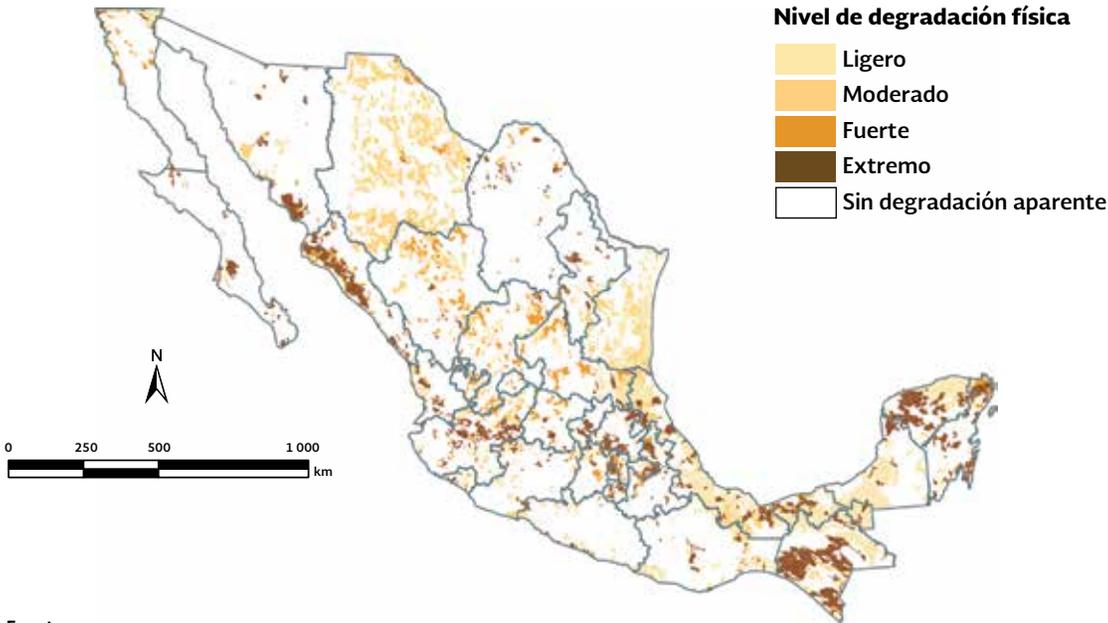
La degradación del suelo es el resultado de la interacción de factores ambientales y

humanos entre los que se encuentran el tipo de suelo, la topografía, el clima, la deforestación, el sobrepastoreo, la densidad poblacional, la manera en la que se usan los recursos naturales y el tipo y estado de la cobertura vegetal. Con respecto a este último factor, una parte de los suelos de los ecosistemas naturales presenta señales de degradación en sus diferentes procesos y niveles (Figura 3.7). En las selvas húmedas, bosques templados y manglares, el nivel de degradación dominante es el ligero; mientras que en los matorrales xerófilos, bosque mesófilo de montaña y pastizal natural domina el nivel moderado. No obstante, en todos los tipos de vegetación se pueden presentar extensiones con degradación fuerte y extrema, sobre todo cuando son utilizados como zonas de agostadero.

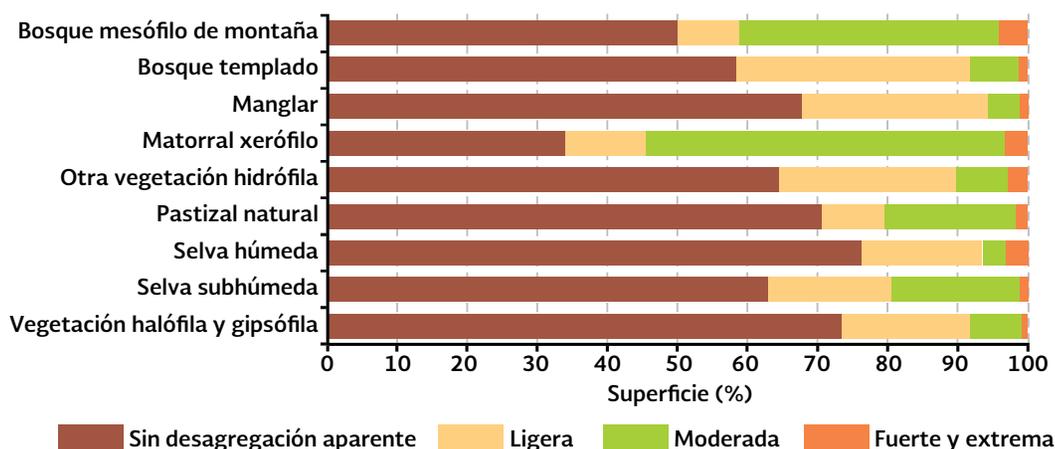
Si se analiza el proceso de degradación por tipo de vegetación natural, los suelos de los bosques templados están mayormente afectados por erosión hídrica, probablemente porque muchos de ellos se encuentran en zonas de montaña, con pendientes que incrementan el efecto de las escorrentías. Los daños podrían acrecentarse si los bosques sufren de algún

Degradación física de suelos según nivel en México, 2002

Mapa 3.9



Fuente:
Elaboración propia con datos de:
Semarnat y CP. *Evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre en la República Mexicana, escala 1: 250 000.* Memoria Nacional 2001-2002. México. 2003.



Nota:

¹ Los datos mostrados son resultado del cruce de información generada en años diferentes: la referente a la degradación del suelo corresponde a 2002 y la del suelo a 2007.

Fuentes:

INEGI. *Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie IV (2007), escala 1: 250 000.* México. 2011.
Semarnat y CP. *Evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre en la República Mexicana, escala 1: 250 000.* Memoria Nacional 2001-2002. México. 2003.

tipo de perturbación, tal como el corte de leña, la extracción de tierra de monte o incluso el ser usados como zona de agostadero. La erosión eólica, por su parte, afecta en mayor medida a los suelos del matorral xerófilo, los pastizales naturales y la vegetación halófila y gipsófila, lo cual es consecuente con la poca protección que estos tipos de vegetación brindan al suelo, comparada con la que ofrecen las selvas húmedas y subhúmedas, donde el proceso dominante es la degradación química.

Si se considera la superficie total de los ecosistemas naturales, el pastizal y la vegetación halófila y gipsófila tienen el mayor porcentaje de sus suelos degradados, con el 66.1% y 49.7%, respectivamente, equivalente a 6.5 y 2.2 millones de hectáreas afectadas (Figura 3.8; Cuadros D3_SUELO03_02 y D3_



SUELO03_06; IB 3.3, IC 13).

Con respecto a los ecosistemas manejados, de la superficie nacional dedicada a agricultura, ganadería y bosques cultivados, alrededor de 70% (aproximadamente 35 millones de hectáreas) resultó afectada por algún tipo específico de degradación, siendo la química, en su calidad de pérdida de la fertilidad, el tipo dominante (Figura 3.8). Esto podría deberse

a que el cambio de uso del suelo al que se sometieron los terrenos que sostenían la vegetación natural se hizo sin considerar su potencial agrícola, lo cual pudo provocar el agotamiento de los nutrientes.

EL PROBLEMA DE LA DESERTIFICACIÓN

Si bien el suelo es el sitio donde se realizan gran parte de las actividades primarias (agricultura y ganadería) a partir de las cuales se producen nuestros alimentos y además sirve de sostén para la infraestructura habitacional, industrial, carretera y recreativa, su degradación forma parte de un proceso mayor llamado *degradación de la tierra*. En este sentido, “tierra” debe entenderse como el área específica de la corteza terrestre que cuenta con características particulares de atmósfera, suelo, geología, hidrología y biología, y en la que se aprecian los resultados de la actividad humana pasada y las interacciones entre todos los elementos (UNCCD, 1994).

Para la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (UNCCD, por sus siglas en inglés), la degradación de la tierra es “la reducción o pérdida de la

productividad económica y de la complejidad de los ecosistemas terrestres, incluyendo a los suelos, la vegetación y otros componentes bióticos de los ecosistemas, así como los procesos ecológicos, biogeoquímicos e hidrológicos que tienen lugar en los mismos”.

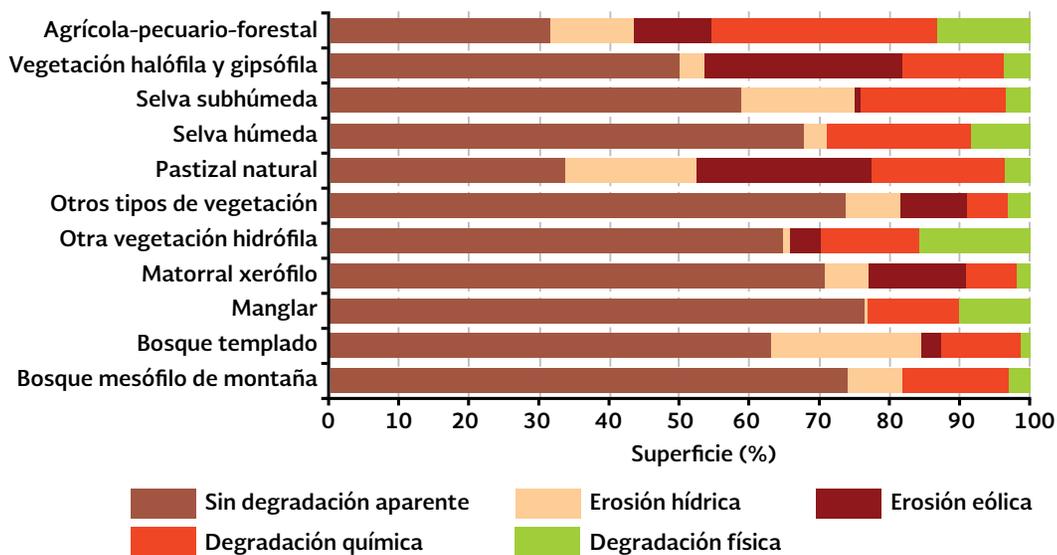
Cuando la degradación de la tierra se produce en las zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, se habla de desertificación. Bajo esta definición, la desertificación no es la transformación de diversos ecosistemas en desiertos, sino la pérdida, muchas veces irreparable, de las funciones productivas del suelo, la alteración de los ciclos biológicos y del ciclo hidrológico, así como la disminución del aporte y cantidad de servicios ambientales que generan los ecosistemas.

No existe un proceso lineal de causa-efecto que permita explicar completamente la desertificación; sin embargo, se han detectado complejas interacciones que funcionan como motores del proceso. Estos motores son las

variaciones climáticas (como la baja humedad del suelo, los patrones de precipitación cambiantes y la elevada evaporación) y las actividades humanas (como la sobreexplotación del suelo por la actividad agrícola, el sobrepastoreo, la deforestación, el uso de sistemas de irrigación inadecuados, las tendencias del mercado e incluso, las dinámicas sociopolíticas; UNCCD y Zoi, 2011). En este último punto, la pobreza puede funcionar como causa y consecuencia de la desertificación.

En México, de acuerdo con la Ley de Desarrollo Rural Sustentable, el concepto de desertificación se aplica a todos los ecosistemas existentes en el territorio nacional, debido a que la pérdida de la capacidad productiva de las tierras no está restringida a las zonas secas (DOF, 2012). No obstante, es importante mencionar que lo anterior no reduce la prioridad que la UNCCD establece para las zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas para delimitar las regiones que pueden sufrir desertificación.

Tipos de degradación del suelo en diferentes usos del suelo y vegetación en México¹ Figura 3.8



Nota:

¹ Los datos mostrados son resultado del cruce de información generada en años diferentes: la referente a la degradación del suelo corresponde a 2002 y la del suelo a 2007.

Fuentes:

Elaboración propia con datos de:
 INEGI. *Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie IV (2007)*, escala 1: 250 000. México. 2011.
 Semarnat y CP. *Evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre en la República Mexicana*, escala 1: 250 000. Memoria Nacional 2001-2002. México. 2003.

Las consecuencias más importantes de la desertificación van desde la disminución en la producción alimentaria, infertilidad y salinización del suelo, reducción de la capacidad de recuperación natural de la tierra, incremento de las inundaciones en las partes bajas de las cuencas, escasez de agua, sedimentación de cuerpos de agua, agravamiento de problemas de salud debido al polvo transportado por el viento (p. e., infecciones oculares, enfermedades respiratorias y alergias) y alteración de los ciclos biológicos, hasta la pérdida de los medios de subsistencia de las sociedades, lo cual puede contribuir a estimular la migración (UNCCD-Zoi, 2011).

La lucha mundial contra la desertificación está encabezada por la UNCCD, la cual entró en vigor en la década de los años 90. Hasta mayo de 2012, 195 países habían aprobado, aceptado, ratificado o se habían adherido como miembros de dicha Convención, entre ellos México, que la ratificó en 1995 (UNCCD, 2012). La UNCCD es un instrumento único enfocado tanto a la atención de la degradación de la tierra, como a los problemas sociales y económicos que este proceso genera. Tiene cuatro objetivos estratégicos: 1) mejorar las condiciones de vida de las poblaciones afectadas; 2) mejorar las condiciones de los ecosistemas afectados; 3) generar beneficios globales a través de la implementación eficaz de la propia Convención, y 4) movilizar los recursos para respaldar la implementación eficaz de la Convención a través de la creación de alianzas eficaces entre los actores nacionales e internacionales.

Aunque en nuestro país las primeras acciones de lucha contra la desertificación se implementaron en la década de los 70 del siglo pasado a través de la Comisión Nacional de Zonas Áridas (Conaza-Sedesol, 1994), es hasta 2005 que en el marco de los acuerdos firmados ante la UNCCD, se crea el Sistema Nacional de Lucha contra la Desertificación y la Degradación de los Recursos Naturales (SINADES). En este sistema confluyen diversas instituciones públicas (Semarnat,

Sagarpa, INEGI, SRA, Sedesol, Conafor e INE), organizaciones sociales (RIOD-Mex, CNC, CNPR y CCDS) y el sector académico (CP, UA-Chapingo, UAAAN e ITESM). El SINADES es coordinado por la Semarnat, a través de la Comisión Nacional Forestal (Conafor), la cual funge como punto focal nacional ante la UNCCD.

El SINADES pretende un mayor involucramiento de la sociedad en el manejo sustentable de tierras, por medio de los siguientes objetivos: a) contener y revertir la desertificación y la degradación de las tierras a través de programas integrales de recuperación e impulso a la producción sustentable; b) promover que los productores adopten prácticas y sistemas productivos que preserven y mejoren los recursos naturales; c) coordinar los esfuerzos contra la desertificación y la degradación de los recursos naturales en los que participen el Gobierno Federal y los otros órdenes de Gobierno, así como organizaciones de la sociedad civil; y d) promover la creación y fortalecimiento de una conciencia ambiental acentuando la atención de la sociedad a los problemas de la desertificación y la degradación de los recursos naturales.

DISTRIBUCIÓN DE LAS TIERRAS SECAS

Las zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, genéricamente denominadas tierras secas, se caracterizan por tener condiciones climáticas particulares, como son la precipitación escasa e irregular, una gran diferencia entre las temperaturas diurnas y nocturnas, suelos con poca materia orgánica y humedad, además de una elevada evapotranspiración potencial. Estas características propician que los asentamientos humanos se establezcan alrededor de las pocas fuentes de agua disponibles (como ríos, manantiales o pozos) y que éstas sean muchas veces sobreexplotadas o contaminadas.

Existen diferentes definiciones de las tierras secas, lo cual puede llevar irremediablemente

a cifras distintas en cuanto a la magnitud de la superficie afectada por la desertificación o la población afectada por ella. En el presente capítulo se adoptó el criterio de la UNCCD, que clasifica a las tierras secas según su índice de aridez⁷ en áridas, semiáridas y subhúmedas secas. Esta clasificación está basada a su vez en el Atlas Mundial de la Desertificación (PNUMA, 1997), que señala que las tierras secas son aquellas áreas en donde el índice de aridez es menor a 0.65.

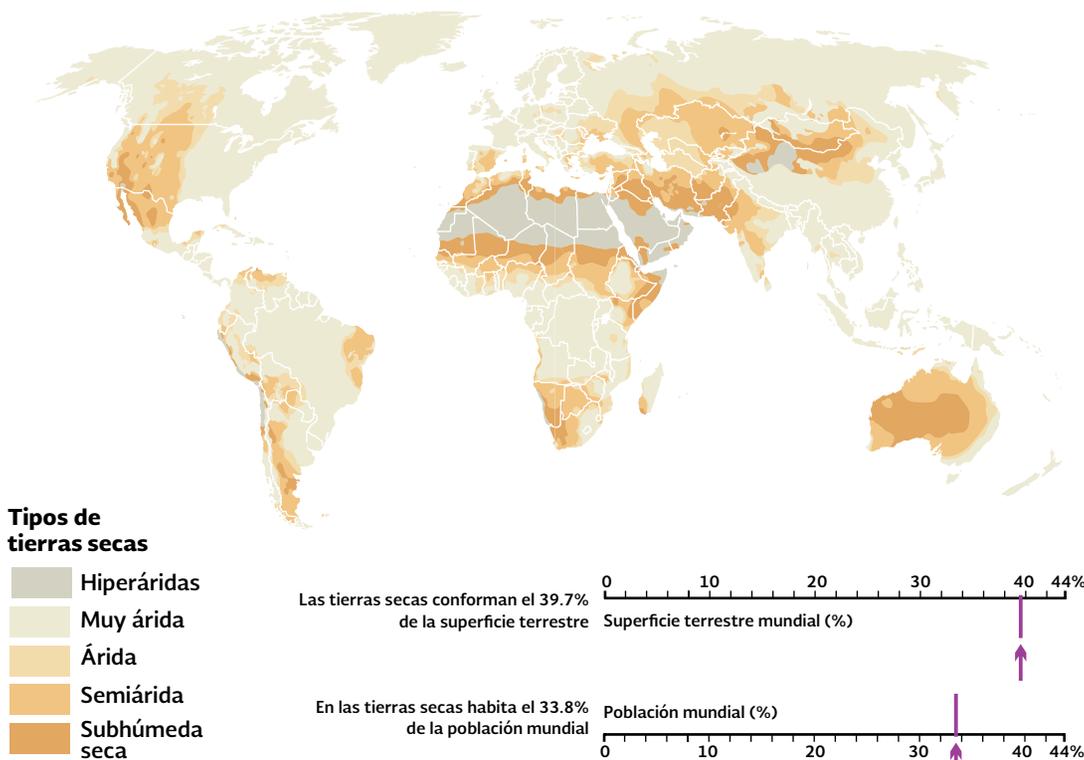
Según la UNCCD (2011), el 12.1% de la superficie terrestre del planeta corresponde a zonas áridas; 17.7% a zonas semiáridas y 9.9% a subhúmedas secas. En ellas viven poco más de 2 mil millones de personas (aproximadamente 1 de cada 3 habitantes del planeta), la mayoría en países en vías de desarrollo. Además, las zonas secas albergan

alrededor del 50% del ganado y el 44% de las tierras agrícolas del mundo, y son extensiones territoriales muy grandes que representan hábitats muy valiosos para la vida silvestre. Las mayores extensiones de tierras secas se encuentran en Australia, China, Rusia, Estados Unidos y Kazajstán (Mapa 3.10).

En México, las tierras secas (áridas, semiáridas y subhúmedas secas) se encuentran principalmente en los desiertos Sonorense y Chihuahuense y en las regiones centrales influenciadas por el efecto de sombra orográfica generada por las Sierras Madre Occidental y Oriental. Con base en un estudio realizado por la Universidad Autónoma Chapingo (2011), las tierras secas de México (determinadas también a partir del índice de aridez antes mencionado), ocupan aproximadamente 101.5 millones de

Distribución de las tierras secas en el mundo

Mapa 3.10



Fuente: UNCCD-Zoi. *Desertification. A visual synthesis.* UNCCD-Zoi Environment Network. France. 2011.

⁷ Se obtiene del cociente entre la precipitación anual media y la evapotranspiración potencial media. Los valores entre 0.05 y 0.2 corresponden a zonas áridas; entre 0.2 y 0.5, a zonas semiáridas; y entre 0.5 y 0.65 a subhúmedas secas.

hectáreas⁸, poco más de la mitad de nuestro territorio. De esta superficie, las zonas áridas representan el 15.7%; las semiáridas, el 58% y el 26.3% restante corresponde a las zonas subhúmedas secas (Mapa 3.11).

De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2010 (INEGI, 2011), en las tierras secas de México habitaban 33.6 millones de personas, que equivalían al 30% de la población del país. De ellas, 18.1% radicaba en localidades rurales y 81.9% en localidades urbanas (Figura 3.9).

En las zonas semiáridas y subhúmedas secas se concentra alrededor de 91.5% de la población que habita en las zonas secas de México, debido probablemente a que en ellas existe menor déficit de agua, lo que permite una mayor actividad económica. De hecho, poco menos de la mitad de la superficie agrícola del país y casi un tercio de

los pastizales inducidos o cultivados están en este tipo de zonas (Figura 3.10).

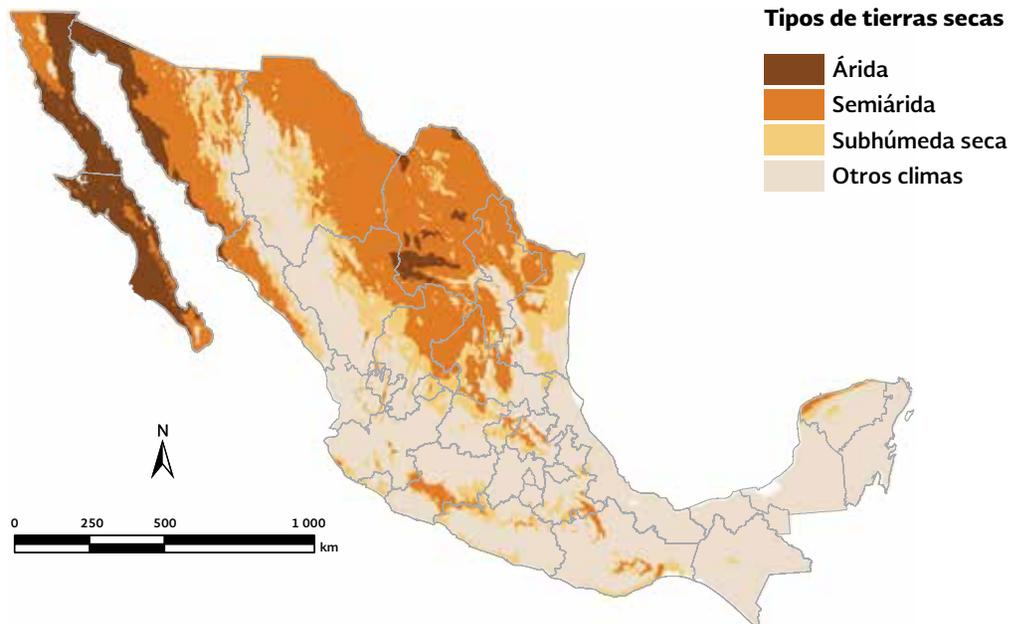
De la vegetación natural que ocupaba las zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas en el país en 2002, alrededor de un millón de hectáreas (principalmente de selvas subhúmedas, pastizales naturales y vegetación halófila y gipsófila) fueron transformadas hacia algún otro uso para el año 2007 (Figura 3.11). La mayor parte de esta superficie transformada correspondió a vegetación halófila y gipsófila. En ese mismo periodo, los pastizales inducidos y cultivados destinados a la actividad pecuaria, crecieron en más de 148 mil hectáreas y la agricultura hizo lo mismo en cerca de 650 mil hectáreas.

EXTENSIÓN DE LA DESERTIFICACIÓN

La UNCCD calcula que entre 71 y 75% de las zonas secas del mundo están desertificadas.

Distribución de las tierras secas de México¹

Mapa 3.11



Nota:

¹ Clasificación basada en el criterio del índice de aridez.

Fuente:

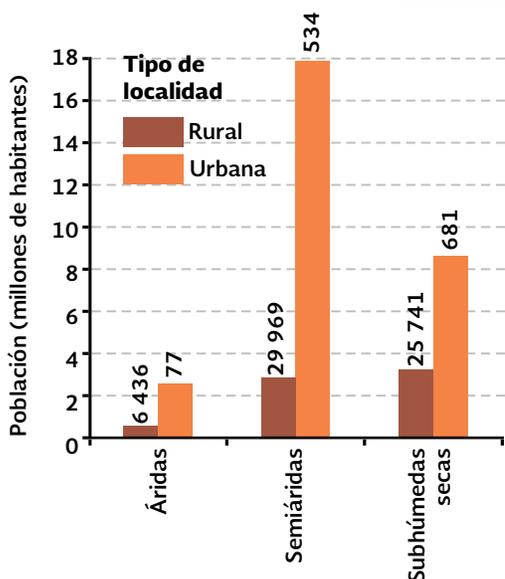
Elaboración propia con datos de:

UACH. *Actualización de la delimitación de zonas áridas, semiáridas y subhúmedas de México, a escala regional*. Reporte final de proyecto de investigación. Departamento de Suelos, Universidad Autónoma Chapingo. México. 2011.

⁸ En el Informe de la Situación del Medio Ambiente en México, edición 2008, se utilizó una zonificación basada en el Sistema de Clasificación Climática de Köppen adaptada para México (García, 1988), a partir de la cual se obtuvo una superficie de 128 millones de hectáreas de tierras secas en el país, aproximadamente 65.2% del territorio.

Población en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas¹ de México, 2010

Figura 3.9



Nota:

¹ Las cifras que aparecen en la parte superior de cada barra corresponden al número de localidades asentadas en cada tipo de zona seca.

Fuentes:

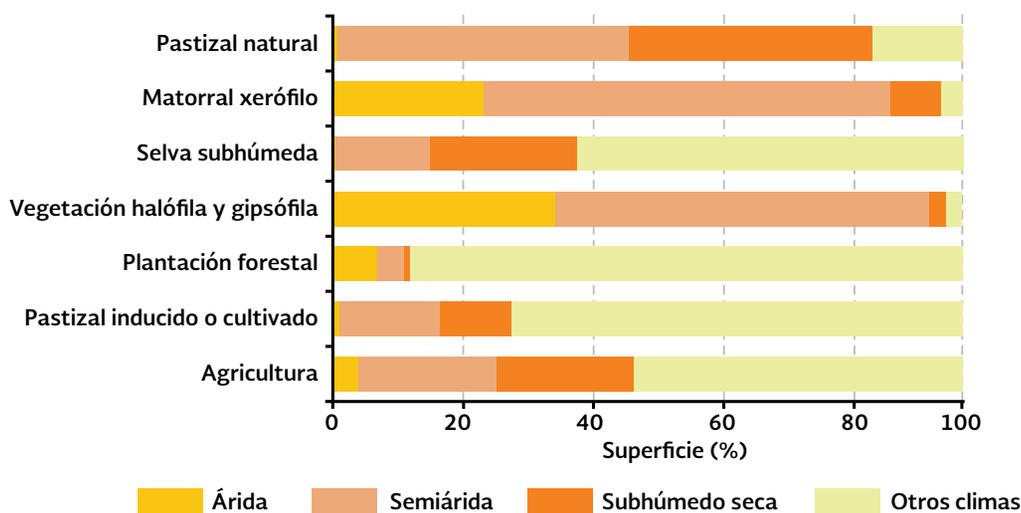
Elaboración propia con datos de:
INEGI. *Censo de Población y Vivienda 2010*. México. 2011.
UACH. *Actualización de la delimitación de las zonas áridas, semiáridas y subhúmedas de México, a escala regional*. Reporte final de proyecto de investigación. Departamento de Suelos, Universidad Autónoma Chapingo. México. 2011.

En el caso de México, las estimaciones sobre la magnitud de la desertificación pueden diferir, en principio, por los métodos que se han empleado para calcularlas. Aunque a la fecha no existen estudios específicos sobre la extensión de la desertificación en el país, en esta obra se considera a la degradación del suelo en las zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas del país, como un estimador de la desertificación, reconociendo sin embargo que es una aproximación que sólo considera a uno de sus elementos y que la información sobre la condición del suelo data de hace aproximadamente diez años.

Bajo estas premisas, en nuestro país la degradación del suelo afectaría aproximadamente a 43.56 millones de hectáreas, es decir, 43% de las tierras secas, lo que equivale a 22.17% del territorio nacional (Figura 3.12). Del total de tierras secas que presentan degradación del suelo, 5% son áridas, 61.2% son semiáridas y 33.8% son subhúmedas secas. Sin embargo, cuando se examina la proporción afectada con respecto a la superficie que ocupa cada uno de esos tipos de tierras secas, las subhúmedas secas son las más afectadas

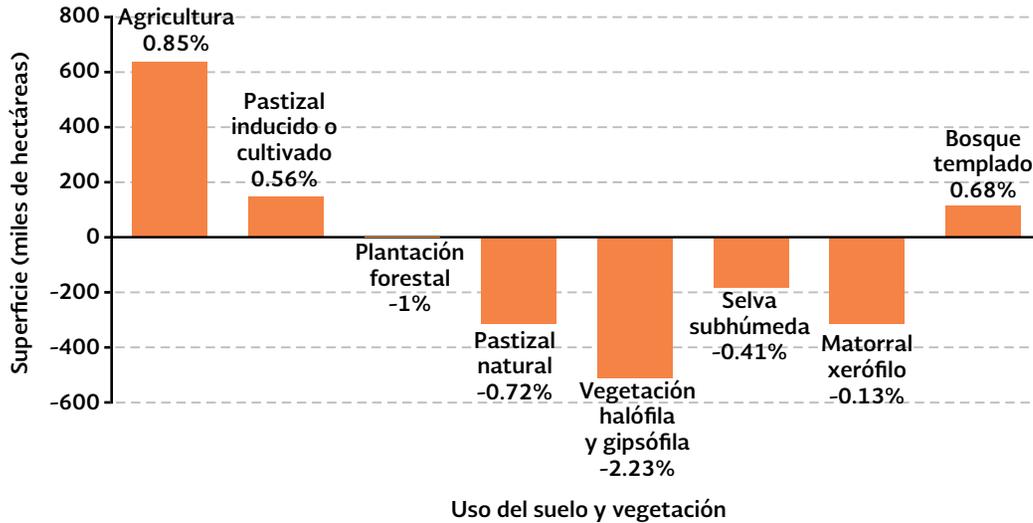
Algunos usos del suelo y vegetación por tipo de tierra seca en México

Figura 3.10



Fuentes:

Elaboración propia con datos de:
INEGI. *Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie IV (2007)*, escala 1: 250 000. México. 2011.
UACH. *Actualización de la delimitación de las zonas áridas, semiáridas y subhúmedas de México, a escala regional*. Reporte final de proyecto de investigación. Universidad Autónoma Chapingo. México. 2011.



Nota:

¹ Los porcentajes representan la tasa de cambio registrada durante el periodo en cada uso del suelo y vegetación.

Fuentes:

Elaboración propia con datos de:

INEGI. *Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie III (2002)*, escala 1: 250 000. México. 2002.

INEGI. *Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie IV (2007)*, escala 1: 250 000. México. 2011.

UACH. *Actualización de la delimitación de las zonas áridas, semiáridas y subhúmedas de México, a escala regional*. Reporte final de investigación. Universidad Autónoma Chapingo. México. 2011.

(55%), seguidas de las semiáridas (45.3%) y al final las áridas (13.8%).

De la superficie afectada por degradación en las tierras secas, cerca de 94% se encontraba en los niveles de ligera y moderada, lo que sugiere que de seguir actuando los elementos que causan la degradación de estos suelos, podrían pasar a los niveles fuerte o extremo en el futuro, en los cuales la recuperación de su productividad sería materialmente imposible. A pesar de esto, en el centro del Desierto Chihuahuense (cerca de la confluencia de los estados de Chihuahua, Coahuila y Durango), en el Gran Desierto de Altar, al noroeste de Sonora y en la península de Baja California, todavía es posible encontrar regiones de tierras secas sin evidencias de degradación de suelo (Mapa 3.12).

Respecto a la distribución de los procesos de degradación del suelo por tipo de tierra seca, la erosión eólica es el proceso dominante en las zonas áridas y semiáridas, mientras que

la degradación química predomina en las subhúmedas secas (Figura 3.13).

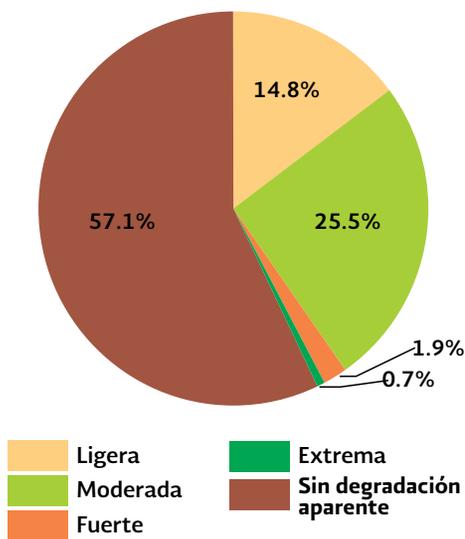
CONSERVACIÓN Y RECUPERACIÓN DE SUELOS

Históricamente el suelo ha sido un recurso natural poco atendido por los gobiernos y la sociedad en general, a pesar de la importancia que tiene como elemento central en la producción de alimentos y soporte de la infraestructura, entre muchas otras funciones importantes que realiza.

La poca atención que se le da al suelo en el desarrollo de las actividades productivas (principalmente agrícolas, pecuarias y forestales) ha estado acompañada por la implementación de técnicas que no procuran la conservación y mejora de sus propiedades. Esto ha llevado a que casi la mitad de nuestro país presente signos de degradación edáfica. Diversos estudios han mostrado que existen pérdidas económicas importantes cuando

Degradación del suelo según nivel en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas de México

Figura 3.12



Fuentes:

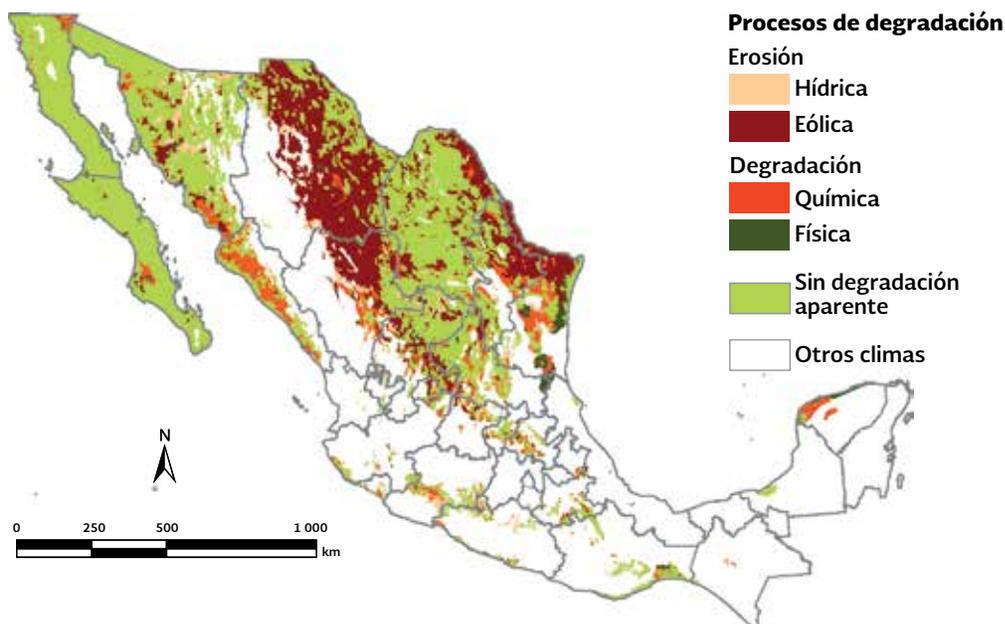
Elaboración propia con datos de:
Semarnat y CP. *Evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre en la República Mexicana*, escala 1: 250 000. Memoria Nacional 2001-2002. México. 2003.
UACH. *Actualización de la delimitación de las zonas áridas, semiáridas y subhúmedas de México, a escala regional*. Reporte final de proyecto de investigación. Universidad Autónoma Chapingo. México. 2011.

se permite que los suelos se degraden, además de las consecuencias negativas para el ecosistema. Por ejemplo, se estima que en nuestro país el costo de la erosión en términos de la superficie sembrada con maíz blanco de temporal, podría alcanzar entre el 7.8 y 11% de su valor de producción. Este costo no incluye las implicaciones económicas ex situ de la erosión, como son el azolve de presas o ríos, el cual podría ser incluso mayor a las pérdidas económicas generadas por la disminución de la productividad agrícola (Cotler et al., 2011).

México carece propiamente de una estrategia nacional integral de suelos en la cual se definan acciones directas y específicas para la conservación y el mantenimiento de sus funciones. Sin embargo, dentro de los programas operados por la Semarnat (incluyendo los de la Conafor), Sagarpa y Conaza se brinda apoyo económico y técnico a los productores, para la realización de obras hidráulicas, de reforestación, de conservación y restauración de suelos y de manejo de tierras agrícolas que contribuyan a la conservación de este importante recurso natural.

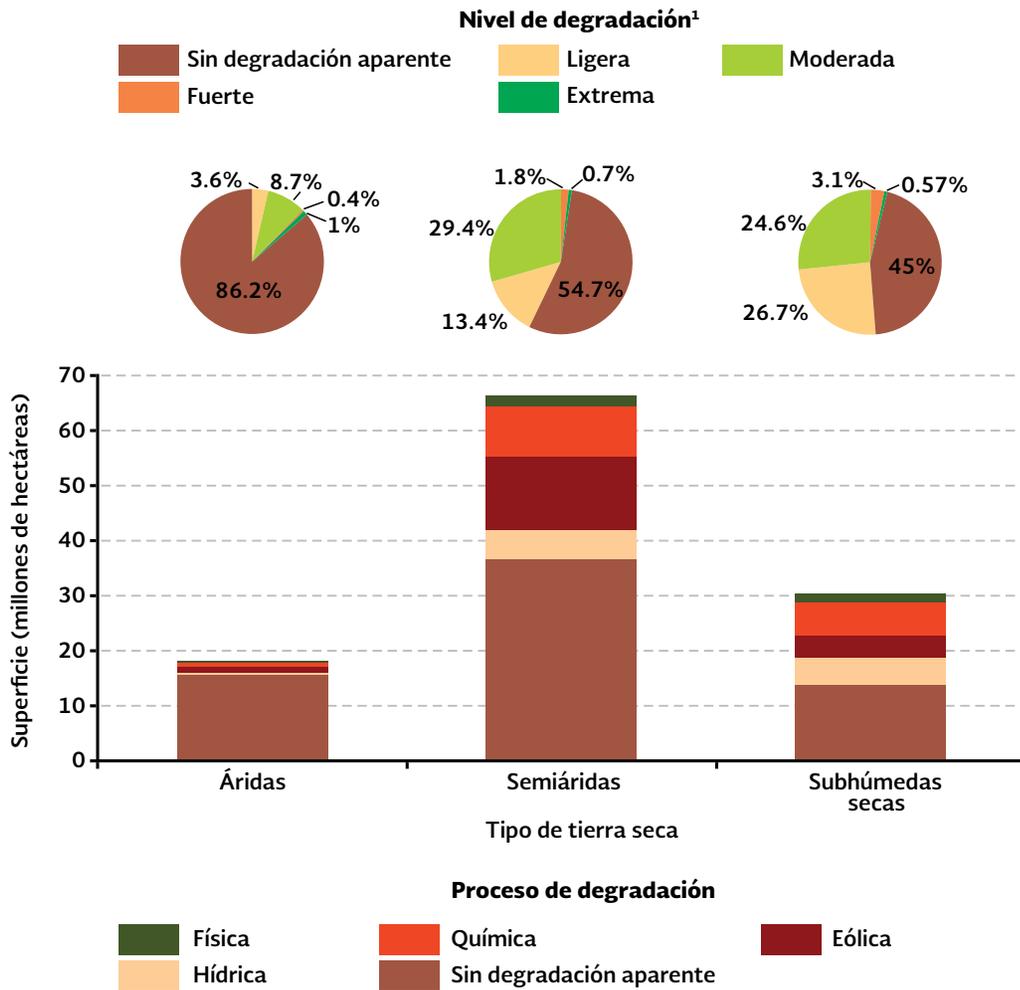
Procesos de degradación del suelo en las tierras secas de México

Mapa 3.12



Fuentes:

Elaboración propia con datos de:
Semarnat y CP. *Evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre en la República Mexicana*, escala 1: 250 000. Memoria Nacional 2001-2002. México. 2003.
UACH. *Actualización de la delimitación de zonas áridas, semiáridas y subhúmedas de México, a escala regional*. Reporte final de proyecto de investigación. Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Suelos. México. 2011.



Nota:
¹ Las gráficas circulares sobre cada barra corresponden al total de la superficie con degradación según nivel, en cada tipo de tierra seca.

Fuentes:
 Elaboración propia con datos de:
 Semarnat y CP. *Evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre en la República Mexicana, escala 1: 250 000*. Memoria Nacional 2001-2002. México. 2003.
 UACH. *Actualización de la delimitación de las zonas áridas, semiáridas y subhúmedas de México, a escala regional*. Reporte final de proyecto de investigación. Departamento de Suelos, Universidad Autónoma Chapingo. México. 2011.

Los programas institucionales más importantes en cuanto a superficie incorporada a la protección y recuperación del suelo son el ProÁrbol Suelos, operado por la Conafor, y el Programa Integral de Agricultura Sostenible y Reconversión Productiva en Zonas de Siniestralidad Recurrente (Piasre), a través del Componente de Uso Sustentable de Suelo y Agua (Coussa), operado por la Sagarpa (Figura 3.14). Como parte de sus acciones, se brinda apoyo económico y asesoría técnica a

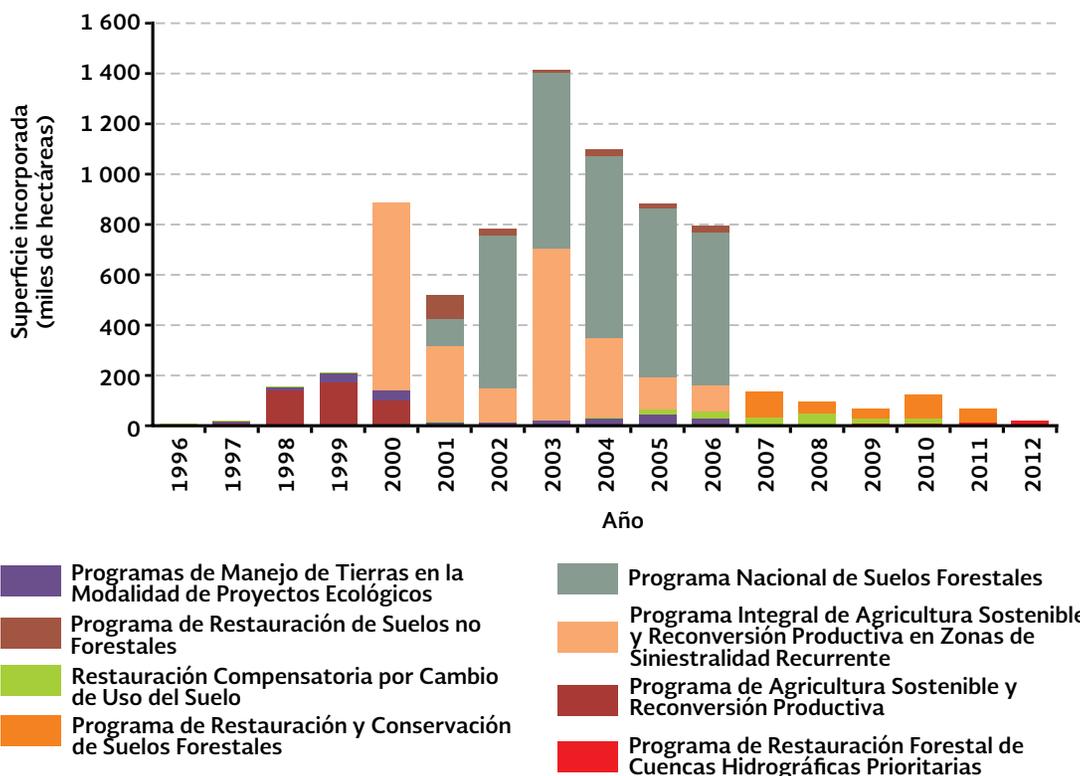
los dueños de las tierras para la ejecución de obras de conservación y restauración de suelos forestales, en el caso del primero de ellos, y a zonas con sequía recurrente, en el segundo (*Cuadro D3_SUELO04_01; IB 3-4*).



Desde 2007, las acciones dirigidas a la conservación y recuperación de suelos financiadas por la Conafor, han estado enfocadas principalmente a desarrollar obras y prácticas para el control de la erosión

Superficie incorporada a programas institucionales relacionados con conservación y rehabilitación de suelos, 2000 - 2012¹

Figura 3.14



Nota:

¹ Los datos reportados para cada uno de los programas no están disponibles para todo el periodo, debido entre otras razones, a que están sujetos a diseño y concertación de recursos para su operación y promoción, además de que inician su operación en distintos años. El Programa de Restauración de Suelos no Forestales fue apoyado con recursos del Programa de Empleo Temporal (PET). El Programa Nacional de Suelos Forestales incluye dos subprogramas: Protección de Suelos y Restauración de Suelos.

Fuentes:

Dirección de Agricultura y Ganadería, Dirección General del Sector Primario y Recursos Naturales Renovables, Subsecretaría de Fomento y Normatividad Ambiental, Semarnat. Junio de 2011.

Dirección General de Federalización de Servicios Forestales y de Suelo, Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Semarnat. Junio de 2011.

Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos, Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Junio de 2011.

Gerencia de Suelos, Conafor, Semarnat. Junio de 2011 y 2012.

Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos, Presidencia de la República, Cuarto Informe de Gobierno, 1 de septiembre 2004.

Semarnat e INE. *Informe de la Situación General en Materia de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente 1997-1998 /Estadísticas del Medio Ambiente 1999*. México, 2000.

laminar⁹, y en menor medida a las del control de la erosión en cárcavas.

Los Programas de Compensación Ambiental por Cambio de Uso del Suelo en Terrenos Forestales y de Restauración Forestal en Cuencas Hidrográficas Prioritarias contemplan acciones de este tipo, además de otras relacionadas con la recuperación de la

cobertura vegetal arbórea y herbácea de los terrenos preferentemente forestales, lo cual también contribuye con el combate a la erosión.

La Sagarpa, por su parte, ha enfocado su atención al control de los escurrimientos que afectan la infraestructura y los centros de población.

⁹ Es la erosión superficial en la cual se pierde una capa fina y uniforme de toda la superficie del suelo. Las partículas son desprendidas por el pisoteo, el viento o el agua de lluvia y después son transportadas por el flujo de agua.

REFERENCIAS

Centro de Información de Recursos Naturales, Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile. *Determinación de la erosión actual y potencial de los suelos de Chile. Región de Arica y Parinacota. Síntesis de Resultados – Diciembre de 2010.* Servicio Agrícola y Ganadero; Instituto de Desarrollo Agropecuario; Oficina de Estudios y Políticas Agrarias y Corporación Nacional Forestal. Santiago de Chile. 2010.

Conaza-Sedeso. *Plan de acción para combatir la desertificación en México.* México. 1994. Disponible en: www.conaza.gob.mx. Fecha de consulta: abril de 2012.

Cotler, H., C. A. López, y S. Martínez-Trinidad, ¿Cuánto nos cuesta la erosión de suelos? Aproximación a una valoración económica de la pérdida de suelos agrícolas en México. *Investigación Ambiental* 3: 31-43. 2011.

DOF. Ley de Desarrollo Rural Sustentable. 2012 (12 de enero).

FAO. *Major soils of the world. World reference base for soil resources: Atlas.* CD-Room. 2001. Disponible en: www.isric.org/Isric/webdocs/docs/major_soils_of_the_world/start.pdf. Fecha de consulta: junio de 2012.

García, E. *Modificaciones al sistema climático de Köppen adaptado para México.* Instituto de Geografía, UNAM. México. 1988.

INEGI. *Conjunto de Datos Vectorial Edafológico, Serie II, escala 1: 250 000 (Continuo Nacional).* México. 2007.

INEGI. *Aspectos generales del territorio mexicano. Recursos naturales. Edafología.* Disponible en: <http://mapserver.inegi.org.mx>. Fecha de consulta: febrero de 2012.

INEGI. *Censo de Población y Vivienda 2010.* México. 2011.

IUSS, Grupo de Trabajo WRB. *Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Primera actualización 2007.* Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos No. 103. FAO. Roma. 2007.

Moreira-Madueño, J.M. *Capacidad de uso y erosión de suelos: una aproximación a la evaluación de tierras en Andalucía.* Junta de Andalucía. Agencia del Medio Ambiente. Sevilla, 1991.

Oldeman, L.R. *Guidelines for general assessment of the status of human-induced soil degradation.* Working paper 88/4. International Soil Reference and Information Centre (ISRIC). Wageningen. 1998.

PNUMA. *Atlas Mundial de la Desertificación.* Middleton, N. y D. Thomas (Eds.). Oxford. Oxford University Press. 1997.

Semarnat. *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Edición 2008.* Compendio de Estadísticas Ambientales. México. 2008.

Semarnat y CP. *Evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre en la República Mexicana, escala 1: 250 000.* Memoria Nacional 2001-2002. México. 2003.

Semarnat y UACH. *Evaluación de la pérdida de suelos por erosión hídrica y eólica en la República Mexicana, escala 1: 1 000 000.* Memoria 2001-2002. México. 2003.

UACH. *Actualización de la delimitación de zonas áridas, semiáridas y subhúmedas de México, a escala regional. Reporte final de proyecto de investigación.* Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Suelos. México. 2011.

UNCCD. *Elaboración de una Convención Internacional de Lucha contra la Desertificación en los Países Afectados por Sequía Grave o Desertificación, en particular en África*. Texto Final de la Convención. 1994. Disponible en: www.unccd.int. Fecha de consulta: junio de 2012.

UNCCD. *Estado de ratificación y entrada en vigor de la UNCCD*. 2012. Disponible en: www.unccd.int. Fecha de consulta: junio de 2012.

UNCCD y Zoï. *Desertification. A visual synthesis*. UNCCD-Zoï Environment Network France. 2011.

