

III.1.3 Suelos

Con motivo de la revisión de la legislación forestal vigente ante legisladores nacionales (septiembre de 1995), la Semarnap dio a conocer que el 60% de la superficie del territorio nacional se encuentra en grado de erosión severa y que el 10% de las tierras de riego presentan problemas de salinización, tala clandestina, plagas e incendios frecuentes. México enfrenta problemas de degradación de tierras debido a erosión (en sus formas hídrica y eólica) y a procesos de salinización y degradación biológica, química y física. Estos tipos de deterioro no sólo están alterando el potencial productivo en los lugares donde ocurren sino que están incidiendo negativamente en las áreas de depósito de sedimentos, azolvando los vasos de almacenamiento de las obras hidráulicas, canales de drenaje y esteros, además de contaminar lagos y ríos y cuerpos de agua en general.

Tres aspectos esenciales sobre la problemática de los suelos son tratados en esta sección: los usos principales de los suelos; los impactos ambientales a los suelos y a las tierras; y las políticas de conservación y de sustentabilidad.

Principales usos de los suelos

El uso intensivo de los recursos naturales ocasiona en muchos casos problemas de degradación ambiental. El manejo insustentable de los suelos destinados a la agricultura u otras actividades puede derivar en una degradación tal que las transformaciones resulten irreversibles debido al prolongado periodo requerido para su formación –desde 100 ó 500 años hasta 200 ó 1 000 años–, dependiendo, entre otros factores, de los climas en que se desarrollan y del tipo de roca que los origina (Cuadro III.1.3.1).

Ejemplos de periodos de formación y desarrollo de suelos

Cuadro III.1.3.1

CLIMA TROPICAL						
ROCA	INICIO	5 AÑOS	10 AÑOS	50 AÑOS	100 AÑOS	200 AÑOS
Lutita	Roca original	Fracturación (Intemperismo físico)	Disolución (Intemperismo químico)	Mineralización (Formación de arcillas)	Formación del suelo	Desarrollo del suelo
ROCA	INICIO	100 AÑOS	500 AÑOS	2 000 AÑOS	4 000 AÑOS	7 500 AÑOS
Granito	Roca original	Fracturación (Intemperismo físico)	Disolución (Intemperismo químico)	Mineralización (Formación de arcillas)	Formación del suelo	Desarrollo del suelo
CLIMA SECO						
ROCA	INICIO	50 AÑOS	200 AÑOS	250 AÑOS	500 AÑOS	1 000 AÑOS
Lutita	Roca original	Fracturación (Intemperismo físico)	Disolución (Intemperismo)	Mineralización (Formación químico)	Formación del suelo de arcillas)	Desarrollo del suelo
ROCA	INICIO	800 AÑOS	5 000 AÑOS	10 000 AÑOS	200 000 AÑOS	1 000 000 AÑOS
Granito	Roca original	Fracturación (Intemperismo físico)	Disolución (Intemperismo químico)	Mineralización (Formación de arcillas)	Formación del suelo	Desarrollo del suelo

FUENTE: Ford, N., I. 1984. *Dinámica mineral en el suelo. Algunos puntos de referencia para su estudio*, 1ª edición. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Suelos. Chapingo, México.

Los principales usos del suelo en el país incluyen el de vegetación arbustiva y de matorrales, que representa 29% del total del territorio nacional, y el de bosques y pastizales que en conjunto representan otro tanto; en selvas, se tiene el 13%; el resto se distribuye en terrenos agrícolas, de uso forestal y otros de menor importancia (Cuadro III.1.3.2).

Usos	Porcentaje
Pastizales	14.2
Terrenos agrícolas	12.7
Terrenos agropecuarios de aptitud forestal	11.4
Bosques	15.5
Selvas	13.4
Arbustos y matorrales	29.3
Vegetación de desiertos y dunas	1.6
Otros	1.9
Total	100.0

FUENTE: SARH, *Inventario Nacional Forestal Periódico 1992-1994*, Subsecretaría Forestal y de Fauna Silvestre, México, 1994.

Uso agrícola

Solamente el 14% del territorio mexicano es apto para la agricultura y menos del 26% de esa superficie tiene posibilidades de irrigación.

De acuerdo con los Censos Agrícolas de 1971 a 1991, en los últimos nueve años la superficie agrícola de temporal se incrementó en 7 326 382 hectáreas, mientras que la superficie de riego aumentó en 2 213 099 hectáreas. La superficie agrícola de México, de acuerdo al VII Censo Agropecuario, es de 31 104 451 hectáreas, de las que 18% es de riego y el 82% es de temporal; estimaciones posteriores, según el Programa Hidráulico 1995-2000, ubican la superficie agrícola de México en 30 millones de hectáreas aproximadamente, de las cuales, 6.2 son de riego y el resto de temporal y temporal tecnificado.

Los suelos dominantes de las zonas agrícolas de riego son Vertisoles, con 34% de la superficie nacional, los cuales se consideran suelos fértiles, pero difíciles de trabajar dado su contenido de arcillas. Además, una superficie importante la ocupan los Xerosoles y Yermosoles, suelos de zonas áridas, que debido a sus características y ubicación tienden a presentar, entre otros, problemas de salinidad (Cuadro III.1.3.3).

En las áreas de temporal, los suelos dominantes también son los Vertisoles; sin embargo, se presenta en este caso una extensión considerable de Litosoles y Rendzinas (14%), los cuales son suelos de escasa profundidad con problemas de productividad (Cuadro III.1.3.4).

Unidades de suelos dominantes bajo agricultura de riego¹

Unidad de suelo	Superficie (miles de hectáreas)	Porcentaje
Vertisol Pélico	1 914.2	21.9
Vertisol Crómico	1 032.6	11.8
Xerosol Háptico	1 018.2	11.6
Yermosol Háptico	724.4	8.6
Xerosol Lúvico	541.7	6.2
Feozem Háptico	502.3	5.8
Cambisol Eútrico	439.7	5.0
Regosol Calcárico	338.4	3.9
Regosol Eútrico	299.1	3.4
Xerosol Cálculo	277.7	3.1
Otros	1 625.7	18.7
Total Nacional	8 714.0	100.0

¹ Basado en el sistema FAO/UNESCO (1970).

FUENTE: Ortiz B. y A. Ortiz, *Edafología*, 7ª edición Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Suelos, Chapingo, México, 1990.

Unidades de suelos dominantes en la agricultura de temporal¹

Unidad de suelo	Superficie (miles de hectáreas)	Porcentaje
Vertisol Pélico	3 633.2	18.1
Feozem Háptico	2 445.3	12.1
Regosol Eútrico	2 428.3	12.1
Litosol	1 567.9	7.8
Rendzina	1 189.6	5.9
Xerosol Háptico	1 158.7	5.8
Cambisol Eútrico	817.7	4.1
Luvisol Crómico	572.2	2.8
Castañozem Lúvico	556.3	2.8
Andosol Húmico	538.0	2.7
Otros	5 195.2	25.8
Total Nacional	20 102.4	100.0

¹ Basado en el sistema FAO/UNESCO 1970.

FUENTE: Ortiz B. y A. Ortiz, *Edafología*, 7ª edición Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Suelos, Chapingo, México, 1990.

Uso ganadero

Este tipo de uso incluye la utilización de terrenos para el alojamiento de rumiantes estabulados, el establecimiento de granjas y el pastoreo del ganado.

En el primer caso, la demanda de forrajes interviene en la determinación del patrón de cultivos en las áreas agrícolas, lo que a su vez puede tener repercusiones en otras actividades; en este sentido, puede señalarse un impacto significativo de la producción de alfalfa y otros forrajes suculentos en los problemas de uso del agua.

Existen tierras de pastoreo en áreas tropicales húmedas que anteriormente fueron selvas; éstas aún se encuentran en expansión si bien en menor grado que en las décadas de 1970 a 1990. En estas condiciones, existe un importante potencial de rehabilitación de la cubierta forestal a través de la intensificación ganadera, es decir, a través de un aumento en la práctica de la ganadería de tipo intensivo o tecnificado por encima de la de tipo extensivo (por cuanto que ésta supone la tala y pastización de amplias extensiones forestales); otro factor importante para el logro de la mencionada rehabilitación es el aprovechamiento de las superficies excedentes liberadas con la intensificación de la ganadería en actividades forestales y agroforestales.

En las tierras secas con pastizales, matorrales o selva baja caducifolia, las cuales representan una fracción importante del territorio nacional (Cuadro III.1.3.2), el uso pecuario coexiste con la vegetación y el uso forestal. En estas tierras, el sobrepastoreo y las actividades de pastizaje provocan frecuentemente la deforestación, la pérdida de la cubierta de gramíneas y otras plantas herbáceas, así como el desplazamiento de las especies nativas del pastizal por otras, generalmente de origen africano.

Uso forestal

Dado que una de las principales funciones de los recursos forestales es proteger y conservar los suelos de la precipitación pluvial y de la acción de los vientos, el deterioro de la cubierta forestal puede tener efectos graves. Al eliminar la cubierta forestal, la capa superior del terreno es arrastrada perdiendo su fertilidad por erosión; en el trópico, la pérdida de fertilidad de los suelos es mayor por el lavado de nutrimentos (lixiviación), lo que rompe el ciclo de reposición de los mismos. También los recursos forestales aportan materia orgánica, contribuyen a la formación de suelos por procesos físicos y químicos, y además, modifican la estructura de los mismos mejorando las propiedades del terreno para sustentar a la vegetación.

México es un país que, por su ubicación geográfica, posee tres grandes ecosistemas forestales (bosques, selvas y zonas áridas), además de concentrar el 10% de la biodiversidad del mundo, lo cual le permite contar con una de las floras más ricas y variadas del planeta. A nivel estatal, destacan por su extensión de recursos forestales Chihuahua, Sonora, Coahuila, Durango y Oaxaca.

El uso sustentable de los recursos forestales en bosques templados y selvas húmedas está garantizada en los siete millones de hectáreas bajo manejo regulado. En las áreas no reguladas de vegetación abundante y valiosa, así como en los 22 millones de hectáreas

perturbadas que han perdido su atractivo económico, ocurren cambios en sus formas de utilización que se estiman en 520 000 hectáreas anuales.

En las zonas del trópico húmedo se acentúa la pérdida de cubierta forestal, la cual ha tenido como principales causas la expansión de la frontera agropecuaria, los asentamientos humanos irregulares y, en parte, la explotación petrolera.

En las zonas templadas la sobreexplotación de los recursos forestales, el sobrepastoreo y la inducción de incendios son las principales causas que han afectado la vegetación natural, propiciando así la erosión de los suelos.

En las zonas áridas la falta de rotación del ganado y el sobrepastoreo, especialmente del ganado caprino, son las causas de la pérdida de cubierta forestal.

Debe acotarse que la perturbación y deforestación que se presenta en la vegetación del ecosistema templado no alcanza la gravedad e impacto que se da en el ecosistema tropical. En el periodo comprendido entre 1970 y 1985 grandes extensiones de la vegetación tropical resultaron severamente afectadas y disminuidas, particularmente las selvas altas y medianas perennifolias, ya que grandes extensiones de éstas fueron desmontadas para destinarlas al uso agropecuario y, como consecuencia, estas masas se fragmentaron y perturbaron.

En general, los factores comunes que más inciden en el deterioro de las selvas y bosques son: cambios de uso del suelo por el crecimiento no planificado de los asentamientos humanos; ampliación de la frontera agrícola sobre suelos con vegetación de bosques y selvas; incremento de la ganadería extensiva y no estabulada en áreas de transición; explotaciones forestales no reguladas y clandestinas; construcción de carreteras, tendidos eléctricos y ductos; y construcción y operación de obras de infraestructura diversas.

La desaparición de importantes áreas arboladas y la degradación de terrenos forestales también es consecuencia de aprovechar solamente los mejores individuos de las especies preferentes (cedro, caoba, pino), dejando bosques frecuentemente invadidos por especies ajenas al mismo, con pérdida de la capacidad productiva del suelo y en estado susceptible a la erosión.

En relación a las zonas áridas y semiáridas, éstas representan más del 40% de la superficie del territorio nacional, y poseen un gran número de especies de flora y fauna susceptibles de ser aprovechadas para usos industriales, forrajeros, medicinales, comestibles, cinéticos y de ornato.

Finalmente, en cuanto a la perturbación de estas zonas, las causas que han contribuido al deterioro de su vegetación, son: sobreexplotación del recurso forestal no maderable en algunas áreas; cambio del uso del suelo por apertura de áreas agrícolas y para ganadería extensiva; sobrepastoreo; y extracción sin control de especies de cactáceas ornamentales.

Áreas protegidas y de recreación

Las áreas naturales protegidas constituyen porciones terrestres o acuáticas de nuestro planeta en donde el ambiente original en general no ha sido esencialmente alterado por el hombre y están sujetas a regímenes especiales de protección.

La conservación y protección de los recursos naturales constituye una prioridad en la política ambiental de México. Sin embargo, un número importante de áreas naturales protegidas en el país incluyen ecosistemas perturbados, es decir, ecosistemas que han sido transformados por la acción del hombre, como es el caso de potreros, zonas agrícolas, zonas urbanas y áreas erosionadas.

Otros usos del suelo

Aproximadamente, el 1.9% de la superficie del país se dedica a actividades distintas de las antes mencionadas que, aunque de escasa importancia en extensión, tienen una significación relevante; entre ellas destacan: áreas urbanas, caminos y autopistas, corredores industriales y granjas de camarón.

Todas ellas generan impactos en descargas al ambiente, cambio de utilización de los suelos, desviación de cursos de agua y cambio en los patrones de drenado, destrucción de hábitats (terrestres, acuáticos y en la frontera de ambos como es el caso de los manglares), segregación de hábitats de la fauna silvestre, entre otros.

Impactos ambientales a los suelos y tierras

El suelo se define como el conjunto de cuerpos naturales, originados a partir de materiales minerales y orgánicos, que contienen materia viva y que pueden soportar vegetación en forma natural y en algunos lugares ha sido transformado por la actividad humana (FAO/UNESCO/ISRIC, 1988).

La tierra se define como un área específica de la superficie terrestre cuyas características abarcan todos los atributos razonablemente estables o cíclicamente predecibles de la biosfera, incluyendo a los de la atmósfera, del suelo y geología subyacente, de la

hidrología, de las poblaciones vegetales y animales, así como los resultados de la actividad humana pasada y presente, incluyendo las interacciones de todos ellos. Se consideran dichos atributos y sus interacciones en la medida que ejerzan una influencia significativa sobre los usos actuales y futuros por el hombre.

A pesar de la importancia del suelo, el hombre ha ocasionado y/o permitido que se pierda o deteriore este recurso natural no renovable, ya que una vez perdido el suelo la recuperación ocurre en periodos de varios miles de años.

Entre los factores responsables de la elevada tasa de degradación de suelos y tierras se encuentran: crecimiento poblacional, deforestación, uso de tierras de poca aptitud agrícola y mal manejo en general de los recursos naturales.

La degradación de la tierra ocurre a través de diferentes procesos, siendo los más importantes la erosión hídrica, erosión eólica, salinización, degradación física, degradación biológica y degradación química.

Para México y América Central se estima que la erosión hídrica produce el 74% de los suelos degradados, seguido por la degradación química con el 11%, la degradación física 8% y la erosión eólica con el 7 por ciento.

Según estimaciones recientes de la Semarnap, el 81% de la superficie del país presenta terrenos degradados por causas naturales y antropogénicas, en tanto que el 19% restante presenta solamente fenómenos de degradación natural.

Procesos de degradación

Mientras que existen procesos geológicos de formación de desiertos conocidos como procesos de desertización, existe también la degradación de tierras productivas al ser desprovistas de su cubierta vegetal y manejadas inadecuadamente, proceso llamado desertificación, el cual ocurre en todas las condiciones climáticas aunque las tierras secas son las más susceptibles de experimentarlo.

La desertificación es un conjunto de procesos dinámicos (físicos, químicos y biológicos) que afectan la productividad de los ecosistemas y que se relaciona con el uso inadecuado de los recursos: agua, suelo, flora y fauna; puede llegar a ser irreversible y tener consecuencias sociales, económicas, y ecológicas. Entre tales consecuencias, a manera de ejemplo, se pueden mencionar las siguientes: azolves que disminuyen la vida de embalses y que representan costos de reparación o mantenimiento de obras de infraestructura hidráulica y de drenaje; riesgos de inundaciones y de afectación a obras de infraestructura y vías de comunicación; disminución de la recarga natural de acuíferos, lo que incrementa los costos de extracción de agua.

Se estima que los procesos de desertificación son responsables del 30% de la acumulación de gases de “efecto invernadero”, es decir, de gases que producen el calentamiento global del planeta (Convención de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático).

En México concurren diversas causas naturales que condicionan o favorecen los procesos de degradación de la tierra; entre los de mayor incidencia se encuentran la erosión hídrica y eólica, la degradación física, química y biológica, además del aumento de las condiciones de salinidad-sodicidad. Estos procesos se tornan importantes porque todas las provincias fisiográficas del país se encuentran degradadas en mayor o menor grado en prácticamente toda su extensión (Cuadro III.1.3.5).

Erosión hídrica

La erosión hídrica es la remoción del suelo por la acción del agua. Es un fenómeno compuesto por dos procesos, que consisten en el desprendimiento de las partículas del suelo y su transporte por el agua. Cuando no existe suficiente energía para realizar este transporte, se presenta un tercer proceso que es la sedimentación.

La severidad de la erosión hídrica depende de la cantidad de material que se aporte a través del desprendimiento y de la capacidad del agente erosivo para transportarlo.

Los procesos de erosión hídrica se aceleran cuando el ecosistema es perturbado por causas naturales (ciclones, incendios, entre otros) o por actividades humanas

tales como cambio en el uso del suelo para fines agropecuarios y silvícolas y construcción de infraestructura. En general, la erosión acelerada no puede ser compensada por los procesos de formación del suelo, lo que causa un empobrecimiento paulatino del ecosistema.

Por efecto de la erosión, México pierde cada año un estimado de entre 150 000 y 200 000 hectáreas y se calcula que en los últimos 30 años ha perdido más suelo que en toda su historia.

Respecto al cálculo de la erosión del suelo en México, diversos autores han elaborado estimaciones. Por ejemplo, Baldwin (1945) encontró que la afectación de la erosión era del orden de 45% de la superficie total. La SARH en 1965, indicó que el 69% de la superficie del país presentaba erosión en algún grado y que para 1986 se incrementaría hasta el 81%. Para Andrade (1976), el proceso de erosión afectaba el 80% del país. Estrada y Ortiz (1980) estimaron que el 98% del país presentaba evidencias de erosión acelerada. A su vez, García-Lagos (1983) estimó que el porcentaje de erosión alcanza el 71%. Posteriormente, Geissert y Rossignol (1987) calcularon que el área afectada por la erosión es del 86% del territorio nacional (Gráfica III.1.3.1).

Según estimaciones hechas con base en análisis cartográfico, el 36 y 34% de la superficie del país ha sido afectado por erosión hídrica ligera y moderada respectivamente; en estos niveles de erosión destacan, por tener más del 50% de su territorio afectado, los estados: Campeche, Chiapas, Guerrero, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Quintana

Degradación de la tierra por provincia fisiográfica (Porcentaje de la superficie de cada provincia)

Cuadro III.1.3.5

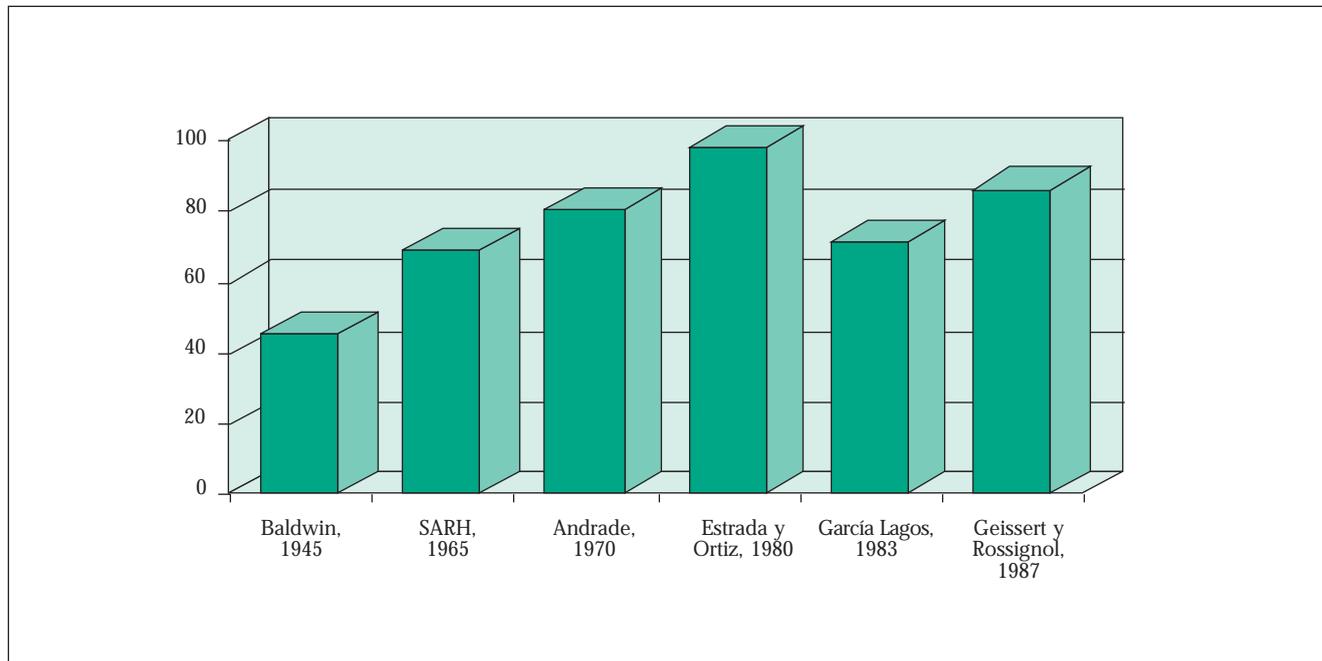
Provincia	Proceso de degradación							Global
	Hídrica	Eólica	Química	Física	Biológica	Salina	Sodio	
Plataforma Yucateca	0	95	4	1	95	55	25	90
Planicie Costera Tabasqueña-Chiapaneca	3	60	80	10	90	50	15	100
Planicie del Sureste	7	90	85	1	100	20	1	100
Valle Nacional y Mesa Central de Chiapas	17	80	30	5	100	5	0	100
Sierra Madre del Sur	16	80	40	30	100	20	0	100
Grupo de los Mames	0	60	45	0	100	0	0	100
Subserranense	40	75	2	15	100	1	0	100
Eje Neovolcánico	45	90	3 ¹	20	100	5	5	100
Planicies Bajas de Tamaulipas	20	80	0	50	100	50	10	100
Planicie Costera Nororiental	30	90	0	50	100	35	20	100
Altiplanicie Septentrional	80	90	0	10	80	20	17	100
Sierra Madre Occidental	70	100	1	15	80	5	0	100
Planicie Costera Noroccidental	55	100	4	40	100	30	25	100
Desierto de Sonora	95	100	0	30	50	44	50	95
Sierra de Baja California	80	90	0	0	0	0	0	100
Sierra de Baja California Sur	100	100	0	0	60	2	5	100
Total Nacional	60	85	15	20	80	20	15	95

¹ Aún no cuantificado el 40%.

FUENTE: Ortiz M., M. Anaya y J. Estrada, **Evaluación, Cartografía y Políticas Preventivas de la Degradación de la Tierra**, Colegio de Postgraduados, Universidad Autónoma de Chapingo y Comisión Nacional de Zonas Áridas, México, 1994.

Estimaciones sobre el área afectada por la erosión en México, 1945-1987 (Porcentaje)

Gráfica III.1.3.1



FUENTE: Semarnap, Subsecretaría de Recursos Naturales, Unidad del Inventario Nacional de Recursos Naturales, 1997.

Roo, Sinaloa, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz y Yucatán con erosión hídrica ligera; y Baja California, Baja California Sur y Chihuahua con erosión hídrica moderada (Cuadro III.1.3.6).

Otras estimaciones hechas por la Dirección General de Restauración y Conservación de Suelos (Subsecretaría de Recursos Naturales, Semarnap), con base en información cartográfica, indican que la erosión hídrica afecta a 32% de los suelos del país, porcentaje que se descompone en 3.6% debido a factores naturales y 28.4% debido a actividades humanas (éste a su vez, se descompone por nivel de afectación en: 2.1% que afecta sólo a la capa superficial del suelo y 26.3% que produce deformación del terreno).

Sin embargo, no solamente es importante cuantificar la erosión hídrica actual, sino también la erosión potencial. En este sentido, destacan por el riesgo de erosión (en sus diferentes grados: alto, medio y bajo), los estados de Oaxaca, Chihuahua, Zacatecas, Durango y Guerrero (Cuadro III.1.3.7).

Erosión eólica

La erosión eólica se define como el desprendimiento y arrastre de las partículas del suelo ocasionados por el viento. Se presenta principalmente en zonas áridas y semiáridas, aunque también es importante en zonas donde la vegetación es escasa o nula durante la estación seca.

De acuerdo con información cartográfica, se ha encontrado que este tipo de erosión afecta a 43% de la superficie del país a niveles severos (velocidades de erosión entre 50 y 200 ton/ha/año), y a 33% con niveles moderados, es decir, con velocidades de erosión entre 10 y 50 ton/ha/año.

Cabe destacar que 16 estados del país presentan erosión eólica en más del 50% de su territorio, cuatro de ellos en magnitudes moderadas y los 12 restantes con nivel de erosión severa. En este último nivel de erosión ocurren los mayores porcentajes de afectación estatal, las cuales corresponden a: Baja California con 80%, Hidalgo 80%, Nuevo León y San Luis Potosí con 82 por ciento (Cuadro III.1.3.8).

Sin embargo, las áreas con mayor velocidad de erosión eólica (superiores a 1 000 ton/ha/año), se ubican en el oeste y sur de Sonora, en parte del estado de Chihuahua, en el Puerto de Veracruz, en una pequeña zona en el centro del estado de Michoacán, en un área al noroeste de Yucatán, en el estado de Oaxaca por la Ventosa y Quiotepec, y al sur de Coahuila.

Otras estimaciones, hechas por Semarnap, indican que la erosión eólica afecta a 34.9% de los suelos del país, porcentaje que se descompone en 28.4% debido a factores naturales y 6.8% debido a actividades humanas (éste a su vez, se subdivide por nivel de afectación en: 4.0% que afecta sólo a la capa superficial del suelo y 2.8% que produce deformación del terreno).

**Entidades afectadas por erosión hídrica
(Km²)**

Cuadro III.1.3.6

Entidad Federativa	Superficie Total	Ligera		Moderada		Severa		Muy severa	
		Superficie afectada	%	Superficie afectada	%	Superficie afectada	%	Superficie afectada	%
Aguascalientes	5 197	0	0.0	1 029	19.8	2 910	56.0	1 258	24.2
Baja California	71 576	13 170	18.4	52 036	72.7	6 227	8.7	143	0.2
Baja California Sur	71 428	2 357	3.3	58 071	81.3	9 429	13.2	1 571	2.2
Campeche	56 798	56 798	100.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Coahuila	149 511	12 708	8.5	38 574	25.8	87 763	58.7	10 466	7.0
Colima	5 433	2 879	53.0	723	13.3	1 831	33.7	0	0.0
Chiapas	73 724	42 907	58.2	22 043	29.9	6 193	8.4	2 580	3.5
Chihuahua	245 945	63 208	25.7	130 597	53.1	39 105	15.9	13 035	5.3
Distrito Federal	1 547	464	30.0	77	5.0	541	35.0	15	1.0
Durango	121 776	29 470	24.2	51 146	42.0	25 573	21.0	15 587	12.8
Guanajuato	30 768	2 369	7.7	7 200	23.4	7 938	25.8	13 261	43.1
Guerrero	64 586	34 489	53.4	23 638	36.6	3 681	5.7	2 777	4.3
Hidalgo	20 502	5 536	27.0	7 586	37.0	5 536	27.0	1 845	9.0
Jalisco	78 389	23 478	30.0	20 083	25.6	16 399	20.9	18 429	23.5
México	21 196	4 197	19.8	8 945	42.2	2 692	12.7	5 363	25.3
Michoacán	58 200	31 771	54.6	7 386	12.7	8 067	13.9	10 977	18.9
Morelos	4 968	2 817	56.7	571	11.5	1 580	31.8	0	0.0
Nayarit	26 908	15 607	58.0	8 880	33.0	1 614	6.0	807	3.0
Nuevo León	64 210	11 750	18.3	21 831	34.0	27 610	43.0	3 018	4.7
Oaxaca	93 136	52 417	56.3	24 867	26.7	9 118	9.8	6 734	7.2
Puebla	33 995	13 938	41.0	10 199	30.0	6 459	19.0	3 400	10.0
Querétaro	11 978	5 630	47.0	2 755	23.0	3 474	29.0	120	1.0
Quintana Roo	39 376	39 376	100.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
San Luis Potosí	63 038	11 347	18.0	22 694	36.0	20 803	33.0	8 195	13.0
Sinaloa	56 496	30 508	54.0	9 604	17.0	14 124	25.0	2 260	4.0
Sonora	180 833	43 400	24.0	72 333	40.0	48 825	27.0	16 275	9.0
Tabasco	24 578	21 629	88.0	983	4.0	1 966	8.0	0	0.0
Tamaulipas	78 932	52 095	66.0	14 208	18.0	8 683	11.0	3 947	5.0
Tlaxcala	4 037	1 292	32.0	444	11.0	2 301	57.0	0	0.0
Veracruz	71 735	43 041	60.0	21 521	30.0	6 456	9.0	717	1.0
Yucatán	43 257	43 257	100.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Zacatecas	73 103	12 428	17.0	25 586	35.0	26 317	36.0	8 772	12.0
Islas federales	6 006	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	1 953 162	726 332	37.3	665 609	34.2	403 215	20.7	151 552	7.8

La diferencia a 100% en el caso del D.F. se debe a la superficie destinada a uso urbano.

FUENTE: Estrada J., 1987, "Velocidad de Desertificación en México". Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo, Zacatecas, Zac., México e INEGI, Anuario estadístico de los Estados Unidos Mexicanos, 1995, México, 1996.

**Áreas con riesgo de erosión hídrica
(Hectáreas)**

Cuadro III.1.3.7

Entidad Federativa	Alto	Medio	Bajo	Total
Aguascalientes	56 700	39 600	0	96 300
Baja California	1 703 100	101 300	0	1 804 400
Baja California Sur	1 656 100	92 600	0	1 748 700
Campeche	10 100	8 700	0	18 800
Coahuila	2 516 400	622 200	0	3 138 600
Colima	193 300	27 500	1 630	222 430
Chiapas	3 326 800	107 000	9 777	3 443 577
Chihuahua	5 701 900	371 200	900	6 074 000
Distrito Federal	49 300	16 100	104	65 504
Durango	3 135 600	1 910 200	14 890	5 060 690
Guanajuato	413 000	397 200	11 826	822 026
Guerrero	4 206 100	478 700	18 491	4 703 291
Hidalgo	738 800	321 700	69 496	1 129 996
Jalisco	2 668 900	381 400	30 224	3 080 524
México	808 900	196 300	5 969	1 011 169
Michoacán	2 777 300	575 400	14 198	3 366 898
Morelos	105 100	69 900	3 876	178 876
Nayarit	1 649 000	315 000	0	1 964 000
Nuevo León	1 069 200	305 300	1 046	1 375 546
Oaxaca	4 887 300	1 181 900	65 943	6 135 143
Puebla	1 074 700	608 100	18 919	1 701 719
Querétaro	0	8 500	282 830	291 330
Quintana Roo	1 600	3 500	2	5 102
San Luis Potosí	1 080 800	541 700	13 313	1 635 813
Sinaloa	1 849 100	46 700	858	1 896 658
Sonora	4 133 800	112 500	2 316	4 248 616
Tabasco	108 600	7 200	0	115 800
Tamaulipas	896 644	259 600	13 271	1 169 515
Tlaxcala	35 500	40 900	0	76 400
Veracruz	1 219 600	180 100	6 472	1 406 172
Yucatán	300	300	947	1 547
Zacatecas	5 092 700	473 600	0	5 566 300
Total	53 166 244	9 801 900	587 298	63 555 442

FUENTE: SARH, *Inventario Nacional Forestal Periódico 1992-1994*, Subsecretaría Forestal y de Fauna Silvestre, México, 1994.

**Entidades afectadas por erosión eólica
(Km²)**

Cuadro III.1.3.8

Continúa

Entidad Federativa	Superficie Total	Ligera ¹		Moderada ²		Severa ³		Muy Severa ⁴	
		Superficie afectada	%	Superficie afectada	%	Superficie afectada	%	Superficie afectada	%
Aguascalientes	5 197	0	0.0	1 616	31.1	3 061	58.9	520	10.0
Baja California	71 576	3 293	4.6	4 366	6.1	57 118	79.8	5 798	8.1
Baja California Sur	71 428	0	0.0	28 071	39.3	39 428	55.2	1 000	1.4
Campeche	56 798	8 009	14.1	13 404	23.6	9 144	16.1	23 230	40.9
Coahuila	149 511	0	0.0	30 500	20.4	106 601	71.3	12 409	8.3
Colima	5 433	0	0.0	4 270	78.6	1 163	21.4	0	0.0
Chiapas	73 724	24 108	32.7	45 193	61.3	811	1.1	885	1.2
Chihuahua	245 945	2 705	1.1	75 505	30.7	78 702	32.0	89 032	36.2
Distrito Federal	1 547	0	0.0	653	42.2	733	47.4	161	10.4
Durango	121 776	487	0.4	52 851	43.4	46 153	37.9	22 285	18.3
Guanajuato	30 768	2 985	9.7	15 384	50.0	11 753	38.2	646	2.1

**Entidades afectadas por erosión eólica
(Km²)**

Cuadro III.1.3.8
Conclusión

Entidad Federativa	Superficie Total	Ligera ¹		Moderada ²		Severa ³		Muy Severa ⁴	
		Superficie afectada	%	Superficie afectada	%	Superficie afectada	%	Superficie afectada	%
Guerrero	64 586	15 759	24.4	31 905	49.4	15 242	23.6	1 679	2.6
Hidalgo	20 502	574	2.8	1 620	7.9	16 340	79.7	1 968	9.6
Jalisco	78 389	784	1.0	31 277	39.9	35 981	45.9	10 347	13.2
México	21 196	0	0.0	8 521	40.2	10 831	51.1	1 844	8.7
Michoacán	58 200	1 222	2.1	24 328	41.8	28 867	49.6	3 783	6.5
Morelos	4 968	0	0.0	492	9.9	3 468	69.8	1 009	20.3
Nayarit	26 908	1 614	6.0	13 965	51.9	5 113	19.0	4 251	15.8
Nuevo León	64 210	0	0.0	7 127	11.1	52 460	81.7	4 623	7.2
Oaxaca	93 136	9 127	9.8	41 166	44.2	19 931	21.4	22 911	24.6
Puebla	33 995	10 368	30.5	7 819	23.0	9 077	26.7	6 731	19.8
Querétaro	11 978	719	6.0	1 162	9.7	7 630	63.7	2 467	20.6
Quintana Roo	39 376	2 678	6.8	17 995	45.7	9 568	24.3	9 135	23.2
San Luis Potosí	63 038	0	0.0	4 287	6.8	51 502	81.7	7 249	11.5
Sinaloa	56 496	1 186	2.1	36 044	63.8	14 350	25.4	4 011	7.1
Sonora	180 833	1 266	0.7	54 792	30.3	60 579	33.5	63 111	34.9
Tabasco	24 578	9 930	40.4	12 461	50.7	1 475	6.0	0	0.0
Tamaulipas	78 932	868	1.1	21 154	26.8	52 174	66.1	1 894	2.4
Tlaxcala	4 037	0	0.0	706	17.5	2 685	66.5	646	16.0
Veracruz	71 735	4 089	5.7	34 002	47.4	22 453	31.3	10 617	14.8
Yucatán	43 257	1 601	3.7	10 079	23.3	20 590	47.6	10 209	23.6
Zacatecas	73 103	0	0.0	11 696	16.0	43 131	59.0	18 276	25.0
Islas federales	6 006	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	1 953 162	103 371	5.3	644 413	33.1	838 114	43.0	342 729	17.6

NOTAS: La diferencia que existe entre el total de las áreas erosionadas respecto al total nacional, corresponde a superficies con marismas las cuales se consideraron con 0% de erosión eólica.

¹ Representa velocidades de pérdida de suelo menores a 10 ton/ha/año.

² Definida por velocidades de erosión entre 10 y 50 ton/ha/año.

³ Velocidades de erosión entre 50 y 200 ton/ha/año.

⁴ Nivel de erosión definido por velocidades de pérdida de suelo superiores a 200 ton/ha/año.

FUENTE: Ortiz S.L. M. y J. Estrada B., 1993, **Evaluación y cartografía de la erosión eólica en la República Mexicana**, Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, Montecillos, México.
INEGI, **Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos 1995**, México, 1996.

En relación al riesgo de erosión eólica, los niveles de ésta que afectan a una mayor superficie del país son considerados severo y muy severo (cada uno en 45% del territorio nacional), que representan riesgos con velocidades de erosión entre 50 y 200 ton/ha/año, y superiores a 200 ton/ha/año respectivamente (Cuadro III.1.3.9).

En 26 entidades federativas, más de la mitad de su territorio está afectado por este fenómeno; de ellas, la erosión es severa en 13 y muy severa en 12. Los estados más afectados son: Aguascalientes y Morelos con 89% y Colima con 100% a nivel severo; así como Baja California con 71% y Yucatán con 81% a nivel muy severo.

Las áreas con mayor riesgo de pérdida de suelo causada por el viento (más de 1 000 ton/ha/año) son las mismas que se mencionaron como las de mayores velocidades de erosión, pero en este caso las superficies involucradas son mayores.

Es importante señalar que, cuando se habla de riesgo de erosión eólica, se hace referencia a una

situación de velocidad extrema de erosión, por considerarse que no se tiene una cubierta vegetal que ayude a controlar este fenómeno. En este sentido, las entidades con la situación más crítica son San Luis Potosí, Nuevo León y Zacatecas, que presentan los mayores porcentajes de superficie afectada de manera severa, tanto en velocidad como en riesgo de erosión eólica.

Salinización

Si bien existe en México una amplia gama de condiciones climáticas, también se dan zonas áridas y semiáridas, que ocupan cerca del 40% de la superficie nacional – unos 90 millones de hectáreas–, en las que es muy frecuente encontrar condiciones de salinidad en los suelos. Fuera de estas áreas, existen también diversas cuencas cerradas donde se presentan fuertes acumulaciones de sales, y además existen amplias zonas costeras ocupadas por suelos salinos. No existe una evaluación precisa de las superficies de los suelos con problemas de salinidad y sodicidad en México, sobre todo en las áreas no agrícolas. Sin embargo, puede señalarse, la presencia de

**Riesgo de degradación por erosión eólica
(Km²)**

Cuadro III.1.3.9

Entidad Federativa	Superficie	Ligera ¹		Moderada ²		Severa ³		Muy severa ⁴	
	Total	Superficie afectada	%	Superficie afectada	%	Superficie afectada	%	Superficie afectada	%
Aguascalientes	5 197	0.0	0.0	0	0.0	4 615	88.8	582	11.2
Baja California	71 576	0.0	0.0	2 434	3.4	18 395	25.7	50 747	70.9
Baja California Sur	71 428	0.0	0.0	28 785	40.3	3 214	4.5	39 428	55.2
Campeche	56 798	284	0.5	8 179	14.4	13 632	24.0	34 704	61.1
Coahuila	149 511	0.0	0.0	3 588	2.4	99 275	66.4	46 647	31.2
Colima	5 433	0.0	0.0	0.0	0.0	5 433	100.0	0.0	0.0
Chiapas	73 724	1 622	2.2	26 541	36	41 728	56.6	3 834	5.2
Chihuahua	245 945	0.0	0.0	4 673	1.9	122 727	49.9	118 545	48.2
Distrito Federal	1 547	0.0	0.0	758	49.0	789	51.0	0.0	0.0
Durango	121 776	0.0	0.0	0.0	0.0	49 198	40.4	72 578	59.6
Guanajuato	30 768	0.0	0.0	4 369	14.2	22 953	74.6	3 446	11.2
Guerrero	64 586	0.0	0.0	19 440	30.1	35 329	54.7	9 817	15.2
Hidalgo	20 502	0.0	0.0	246	1.2	5 372	26.2	14 884	72.6
Jalisco	78 389	0.0	0.0	784	1.0	51 423	65.6	26 182	33.4
México	21 196	0.0	0.0	5 045	23.8	12 739	60.1	3 413	16.1
Michoacán	58 200	0.0	0.0	4 132	7.1	20 777	35.7	33 290	57.2
Morelos	4 968	0.0	0.0	258	5.2	4 417	88.9	293	5.9
Nayarit	26 908	0.0	0.0	2 556	9.5	15 903	59.1	8 449	31.4
Nuevo León	64 210	0.0	0.0	0.0	0.0	26 904	41.9	37 306	58.1
Oaxaca	93 136	0.0	0.0	15 274	16.4	37 254	40.0	40 607	43.6
Puebla	33 995	0.0	0.0	10 640	31.3	13 972	41.1	9 383	27.6
Querétaro	11 978	0.0	0.0	815	6.8	3 510	29.3	7 654	63.9
Quintana Roo	39 376	0.0	0.0	0.0	0.0	20 318	51.6	19 058	48.4
San Luis Potosí	63 038	0.0	0.0	0.0	0.0	11 662	18.5	51 376	81.5
Sinaloa	56 496	0.0	0.0	1 977	3.5	26 836	47.5	27 683	49
Sonora	180 833	0.0	0.0	8 137	4.5	105 245	58.2	67 451	37.3
Tabasco	24 578	639	2.6	13 149	53.5	10 790	43.9	0.0	0.0
Tamaulipas	78 932	0.0	0.0	789	1.0	35 204	44.6	42 939	54.4
Tlaxcala	4 037	0.0	0.0	384	9.5	1 849	45.8	1 805	44.7
Veracruz	71 735	0.0	0.0	5 021	7	25 825	36.0	40 889	57
Yucatán	43 257	0.0	0.0	2 163	5.0	6 186	14.3	34 908	80.7
Zacatecas	73 103	0.0	0.0	0.0	0.0	31 727	43.4	41 376	56.6
Islas federales	6 006	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	1 953 162	2 545	0.1	170 137	8.7	885 201	45.6	889 274	45.5

NOTA: Los datos de la superficie afectada pueden presentar diferencias debidas a redondeo

¹ Representa áreas con riesgo de erosión a velocidades menores a 10 ton/ ha / año.

² Riesgo de erosión a velocidades entre 10 y 50 ton/ha/año.

³ Riesgo de erosión a velocidades entre 50 y 200 ton/ha/año.

⁴ Riesgo de erosión a velocidades superiores a 200 ton/ha/año.

FUENTE: Ortiz S.L. M. y J. Estrada B., 1993, **Evaluación y cartografía de la erosión eólica en la República Mexicana**, Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, Montecillos, México, e INEGI, **Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos 1995**, México, 1996.

aproximadamente 3.5 millones de hectáreas afectadas en las zonas áridas y semiáridas, 1 millón en otras zonas no agrícolas, 800 000 en las áreas costeras, 1 millón en áreas agrícolas de temporal y 500 000 en zonas agrícolas de riego, lo cual totaliza 6.8 millones de hectáreas de suelos afectados por sales en todo el país.

Estimaciones de Semarnap indican que la salinización afecta a 3.1% de los suelos del país, porcentaje que equivale a 6.1 millones de hectáreas, y que se descompone en 0.9% debido a factores naturales y 2.2% debido a actividades humanas.

En casi todos los estados del país se encuentran suelos salinos cuyo origen es atribuible por completo a causas naturales. En las zonas áridas y semiáridas el clima favorece la acumulación de las sales, y esto se asocia frecuentemente a la presencia de mantos freáticos elevados y salobres. La influencia marina es importante a lo largo de las costas contribuyendo a la salinidad de éstas.

En el noroeste del país, en los estados de Sonora, Sinaloa, Nayarit, Baja California y Baja California Sur, se presentan en general condiciones de alta evaporación y baja precipitación que favorecen la acumulación de las

sales, llegándose a alcanzar valores de conductividad eléctrica superiores a los 200 dS/m (deciSiemens/metro) de conductividad eléctrica.

En el norte de Sonora y Baja California, existen también suelos fundamentalmente salino-sódicos en los desiertos de Altar y del Vizcaíno, encontrados generalmente en depresiones donde se presentan mantos freáticos elevados y salobres, como la Laguna Salada, en Baja California; en estos suelos dominan el cloruro y el sulfato de sodio.

En el noreste del país, en los estados de Tamaulipas y norte de Veracruz, la mayoría de los suelos afectados por salinidad se encuentran en las costas, en áreas de marisma. La sal dominante es el cloruro de sodio, pero los niveles de acumulación de sales son menores que sus contrapartes del noroeste, debido a que existe una mayor precipitación que favorece el lavado de las sales.

En la región ubicada entre las Sierras Madres Oriental y Occidental (Altiplano Central) se encuentra la mayor extensión de zonas áridas y semiáridas del país, abarcando los estados de Chihuahua, Durango, Zacatecas, San Luis Potosí y Coahuila fundamentalmente. La salinidad del suelo alcanza comúnmente valores de conductividad eléctrica de 80 dS/m o más.

En la zona del eje Neovolcánico las condiciones climáticas son mucho más húmedas, de modo que la acumulación de sales se presenta sólo cuando existen condiciones topográficas favorables que eviten el lavado natural de las mismas. Este caso se presenta en zonas como los ex Lagos de Cuitzeo y Texcoco, en los estados de Michoacán y México respectivamente, y en los Llanos de San Juan, en los límites entre Puebla y Tlaxcala.

En otros sitios existen actividades geotérmicas que resultan de la existencia de manantiales de aguas termales fuertemente mineralizadas, sobre todo con sulfatos de sodio, magnesio y carbonato de sodio. Este caso se presenta en algunas áreas de Michoacán, Jalisco y Guanajuato en donde los suelos adyacentes a estos sitios generalmente son salinos.

Los estados del sureste de México presentan problemas de salinidad principalmente en las áreas costeras por influencia marina, incluyendo áreas de marismas y manglares. La mayor parte de los suelos son del tipo salino, aunque pueden también encontrarse suelos salino-sódicos y suelos salino-ácidos de sulfatos, como en Quintana Roo.

Las causas de la aparición de problemas de salinidad en los suelos de las áreas de riego en México consisten, sobre todo, en la aplicación de aguas de mala calidad

en suelos desprovistos de sistemas de drenaje adecuado, y bajo condiciones climáticas de alta evaporación. En algunas regiones, la elevación de los mantos freáticos ha sido debido al uso excesivo de agua de riego. La mala calidad del agua se presenta en áreas que son regadas con agua extraída por bombeo (la cual generalmente contiene un cierto grado de mineralización) o cuando se utilizan aguas negras (Cuadro III.1.3.10).

Superficie con problemas de salinidad en los distritos de riego más afectados (Hectáreas) Cuadro III.1.3.10

Estado	Distrito	Superficie Afectada
Baja California	Río Colorado	139 900
Sonora	Río Mayo	33 100
Sinaloa	Río Fuerte	75 500
Chihuahua	Cd. Juárez	14 000
Durango	Región Lagunera	24 800
Tamaulipas	Bajo Río Bravo	47 700
Michoacán	Lázaro Cárdenas	16 300
Hidalgo	Alfajayucan	4 300
Guanajuato	Alto Río Lerma	4 900
Oaxaca	Tehuantepec	16 000

FUENTE: Ortiz O., M., "Distribución extensión de los suelos afectados por sales en México y en el mundo". Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Suelos, Chapingo, México, 1993.

Degradación Física

Compactación

La compactación superficial o subsuperficial (conocida como piso de arado) es causada por efecto de la presión ejercida por la excesiva utilización de la maquinaria agrícola, paso de vehículos o pisoteo del ganado. La sobreutilización de la maquinaria agrícola ha ocasionado que el 30% de los suelos del país presente problemas de compactación y encostramiento.

Cementación

La cementación del suelo consiste en la acumulación de carbonatos, yeso, hierro o sílice en las capas superficiales o subsuperficiales del suelo. Esta condición se propicia por un laboreo deficiente, o bien, proviene de procesos erosivos que dejan al descubierto estratos subsuperficiales ya degradados con anterioridad. La recuperación de estos suelos es lenta, difícil y costosa, especialmente si se considera que ocurre en zonas temporales de subsistencia. Sin embargo, no se tienen datos precisos sobre la magnitud y tendencia de este fenómeno.

Encostramiento

El encostramiento puede ser resultado de la degradación de la cubierta vegetal y de la erosión hídrica. Principalmente se presenta en las llanuras costeras del Norte y la porción Centro Norte del país, pero en especial en los distritos de riego. Este fenómeno adquiere mayor relevancia en aquellas áreas donde no hay aportación de materia orgánica por residuos de cosecha.

Degradación Química

Acidificación

Los principales factores que determinan la pérdida de las bases de los suelos (esto es, compuestos químicos de reacción alcalina o básica), haciendo que éstos se vuelvan más ácidos y que en ocasiones presenten problemas de toxicidad (principalmente de aluminio), son el clima, la fisiografía del terreno y la pérdida de la cubierta vegetal.

Se estima que el 15% del país es afectado por este proceso. Los estados con mayor superficie afectada son Tabasco con 67%, Campeche con 35%, Veracruz con 27% y Nayarit y Oaxaca con el 20 por ciento.

Contaminación

Existen en el país problemas de contaminación aún no cuantificados con precisión a nivel nacional. Sin embargo, se pueden señalar de manera cualitativa los problemas derivados del uso de agroquímicos, tanto de fertilizantes (en especial los nitrogenados, que han llevado a problemas de eutrofización) como de pesticidas (fungicidas, herbicidas e insecticidas principalmente); así como aquellos que son consecuencia del derrame y fugas de combustibles (particularmente petróleo), lo mismo que los ligados a actividades mineras, tanto en sus etapas de extracción como en las de procesamiento de los materiales obtenidos. El deterioro es inmediato cuando se trata de minas a cielo abierto, al cual se suma, en general, la contaminación del suelo y de los acuíferos subyacentes por lixiviación con las aguas residuales generadas.

Prácticas de manejo que provocan degradación de tierras

Sobrepastoreo

Uno de los principales factores de la destrucción de la cubierta vegetal a nivel nacional, ha sido el cambio de utilización de áreas forestales destinándolas a ganadería. Esta actividad no sólo implica el cambio de uso del suelo de los terrenos originalmente forestales, sino

también el riesgo de incurrir en el sobrepastoreo de los potreros creados como parte de las actividades ganaderas, práctica que representa un uso intensivo de la cubierta vegetal inducida o introducida para uso del ganado, al punto que termina por cambiar la composición de especies de los potreros, sobreviviendo en éstos sólo especies de escaso valor forrajero.

El problema del sobrepastoreo ha alcanzado grandes proporciones. De acuerdo con la Comisión Nacional de Zonas Áridas, en 1985 en el 85% de las zonas áridas de 10 estados del país había sobrepastoreo y, derivado de esta actividad, en casi la mitad de la superficie total se presentaba invasión de plantas arbustivas indeseables, en donde sólo el 27.7% de las comunidades vegetales dedicadas a la ganadería se encontraban en buenas condiciones.

Explotación excesiva y contaminación de mantos freáticos

A nivel nacional, el volumen que se extrae de agua subterránea es menos de la mitad de la que recarga a los acuíferos. Sin embargo, cabe precisar que a nivel regional, el norte en su parte central y el Valle de México, tienen balances negativos debido a que se extrae más de lo que se recarga. Además, existen 80 acuíferos en los que la sobreexplotación es mayor al 20%, de los cuales 57 se hayan en la franja norte del país y 19 en la Región Lerma-Balsas.

Por otra parte, existen al menos 23 acuíferos con problemas de contaminación, de los cuales 14 tienen problemas de salinidad por intrusión marina y seis por descarga de aguas residuales, tres de los cuales se encuentran en el estado de Guanajuato.

Otras prácticas de manejo

La agricultura en laderas y malas prácticas de roturación y surcado propician la pérdida de la capa arable; con lluvias abundantes, los terrenos con surcos hechos en el sentido de la pendiente experimentan severas pérdidas de la capa superficial del suelo.

Uso insuficiente de exámenes de laboratorio lleva a errores en la selección y uso de agroquímicos, lo cual a su vez, se traduce en problemas de nitrificación y eutrofización, así como en contaminación química de suelos y de los acuíferos subyacentes.

Riegos abundantes, particularmente en zonas de alta evaporación, pueden llevar a acumulación de sales en la capa superficial del suelo.

Por otra parte, la reducción de los ciclos de barbecho, lo cual frecuentemente está asociada a presiones

demográficas, no es raro que lleve a agotamiento y erosión de los suelos.

Consecuencias de la degradación de la tierra

Disminución de la fertilidad

El uso inadecuado de la tierra produce problemas importantes. Por ejemplo, ha ocasionado una disminución de la fertilidad de los suelos en 80% del territorio nacional debido a la baja aplicación y conservación de materia orgánica, a los altos índices de erosión y a la escasez de la cubierta vegetal, entre otras razones.

La fertilidad del suelo es una propiedad que debe registrarse de manera continua debido a su variabilidad estacional, lo cual obedece a múltiples factores,

entre ellos: el tipo de cultivo, aplicación de materia orgánica y/o fertilizantes, labores mecánicas, presencia de erosión y precipitación.

Con base en 19 000 muestras de suelos agrícolas, en las que se midieron sus contenidos de macro y micronutrientes, así como de materia orgánica, salinidad y alcalinidad (o por el contrario, de acidez) a través de mediciones de conductividad eléctrica y pH respectivamente, se puede decir que, en general, los suelos agrícolas de México presentan una fertilidad media de reacción neutra (es decir, no son ni ácidos ni alcalinos) y no tienen problemas de salinidad (dado que su conductividad eléctrica es menor de 4 mmhos/cm). Cabe señalar que los suelos agrícolas de la mayoría de los estados del país no tienen problemas de fertilidad: los de 15 entidades federativas son de fertilidad media; en 10 más son de fertilidad alta (Cuadro III.1.3.11).

Fertilidad de suelos agrícolas por entidad federativa													Cuadro III.1.3.11				
Entidad Federativa	Macronutrientes					Materia					Micronutrientes						
	N	P	S	K	Ca	Mg	Orgánica %	CE mmhos/cm	pH	IF meq/100g	Clase	B	Cu	Fe	Mn	Zn	
Aguascalientes	33	50	6	2 362	3 020	470	1.3	0.34	7.3	9.37	B	3.8	1.0	3.1	39.9	4.8	
Baja California	43	51	17	1 430	2 742	2 071	1.6	2.08	7.2	13.70	M	13.9	0.1	0.8	32.3	0.6	
Baja California Sur	17	37	10	495	3 710	1 031	0.5	0.85	7.5	11.30	M	2.2	0.1	0.5	6.9	0.5	
Campeche	100	28	23	752	5 928	1 000	4.0	0.71	7.3	15.97	A	2.0	1.5	16.1	78.7	3.1	
Coahuila	36	38	51	1 183	4 832	683	1.4	1.20	8.1	13.15	M	4.7	0.6	7.8	46.6	3.4	
Colima	38	91	34	729	4 105	1 244	1.7	0.35	6.8	13.09	M	2.4	0.3	16	28.9	3.1	
Chiapas	72	43	206	475	4 036	910	2.8	0.58	6.6	11.58	M	3.1	0.9	47.0	57.0	2.9	
Chihuahua	40	47	34	820	2 660	662	1.6	0.41	7.3	8.35	B	3.2	0.5	17.4	35.7	7.3	
Distrito Federal	86	156	90	1 648	3 007	1 176	3.3	1.37	7.3	11.74	M	6.2	0.4	34.5	57.3	13.5	
Durango	33	30	115	1 237	3 762	642	1.3	0.51	7.3	10.90	M	2.8	0.5	5.0	36.4	2.1	
Guanajuato	40	47	72	1 313	6 065	1 173	1.5	0.97	7.4	17.35	A	5.4	0.5	10.8	42.6	2.0	
Guerrero	40	48	36	572	4 791	972	1.6	0.47	6.9	13.34	M	2.1	1.0	19.4	43.4	3.6	
Hidalgo	54	67	32	1 456	5 039	108	3.6	0.53	7.2	15.13	A	5.4	0.9	18.9	50.0	6.3	
Jalisco	45	41	55	1 022	3 948	1 142	1.8	0.40	6.7	12.73	M	3.4	0.3	18.7	35.6	2.5	
México	71	79	66	1 608	3 320	1 032	2.4	1.44	7.0	11.69	M	4.6	0.6	37.1	54.8	5.2	
Michoacán	70	55	48	1 194	5 425	1 775	2.7	0.39	6.9	17.95	A	3.1	1.5	28.8	47.8	3.3	
Morelos	58	48	39	1 134	5 535	1 366	2.6	0.45	7.0	16.75	A	3.6	1.4	25.4	35.0	7.3	
Nayarit	56	54	24	1 138	2 718	755	2.2	0.74	8.2	10.28	M	1.9	0.5	45.0	105.6	4.7	
Nuevo León	58	58	175	802	6 273	491	2.3	0.90	7.9	15.08	A	3.6	1.0	12.1	47.9	5.5	
Oaxaca	40	37	160	586	4 020	792	2.0	0.36	7.0	11.27	M	2.0	0.7	26.0	52.0	3.7	
Puebla	65	48	86	901	3 167	737	2.6	0.39	6.9	9.68	B	3.9	0.6	37.7	39.0	3.4	
Querétaro	41	40	35	1 292	6 063	1 158	1.6	0.25	7.2	17.60	A	2.6	0.4	13.4	29.8	1.6	
Quintana Roo	130	87	17	937	4 545	878	5.2	1.84	7.1	12.96	M	3.3	0.3	6.2	14.0	1.2	
San Luis Potosí	70	56	72	921	7 556	569	2.7	0.83	7.3	17.92	A	3.2	0.8	16.5	60.0	8.5	
Sinaloa	25	50	21	1 082	9 552	1 612	1.0	1.00	7.9	25.39	MA	4.9	0.8	7.4	34.9	4.7	
Sonora	21	30	23	1 261	6 996	1 156	0.8	1.20	8.0	19.04	A	9.2	0.2	0.9	28.9	3.8	
Tabasco	73	53	7	421	3 228	547	3.1	0.29	6.4	8.73	B	2.3	1.6	63.8	26.1	2.3	
Tamaulipas	50	56	49	1 178	5 442	769	2.0	0.74	7.0	13.90	M	1.6	0.9	17.0	56.8	4.6	
Tlaxcala	26	43	28	684	809	396	1.0	0.23	6.6	3.62	MB	0.5	0.2	19.1	42.1	2.3	
Veracruz	58	52	113	880	4 181	628	3.7	0.33	6.3	12.68	M	3.5	0.7	62.0	64.0	5.9	
Yucatán	235	48	23	779	6 584	710	9.4	1.50	7.7	16.31	A	3.8	0.2	21.1	48.0	4.3	
Zacatecas	38	54	125	1 532	4 485	452	1.5	0.47	7.3	12.00	M	2.7	1.4	4.5	45.8	9.4	
Promedio	59	54	60	1 055	4 611	910	2.4	0.75	7.1	13.47	M	3.7	0.7	20.6	44.8	4.3	

N: nitrógeno; P: fósforo; S: azufre; K: potasio; Ca: calcio; Mg: magnesio; CE: conductividad eléctrica; pH: potencial hidrógeno; IF: índice de fertilidad; B: boro; Cu: cobre; Fe: hierro; Mn: manganeso; Zn: zinc; A: alta; B: baja; M: media; MA: muy alta; MB: muy baja.

Clases de Fertilidad:

MB= IF de 0 a 5 inclusive. /// B= IF de 5 a 10 inclusive. /// M= IF de 10 a 15 inclusive. /// A= IF de 15 a 20 inclusive. /// MA= IF mayor a 20.

FUENTE: Ojeda, D. y E. Ojeda T., 1996. "Suelos Cultivados de la República Mexicana". Contenido Medio de Nutrientes Minerales Aprovechables. Universidad Autónoma Chapingo. México. (Mimeo).

De acuerdo con lo anterior, si bien se ha señalado pérdida de fertilidad en el 80% de los suelos de México, la evaluación de los suelos agrícolas sugiere que éstos en general conservan niveles aceptables de fertilidad.

Estrategias de conservación y sustentabilidad

El marco de la lucha contra la desertificación

La fracción tercera del artículo 27 constitucional prevé la utilidad pública y las bases para un uso sustentable de las tierras, a la vez que otros ordenamientos, como la Ley general del equilibrio ecológico y protección al ambiente, la Ley forestal o la Ley de aguas nacionales, establecen los lineamientos generales aplicables en esta materia, aunque deben ser complementados y precisados en diversos aspectos.

A partir del 26 de diciembre de 1996 México suscribió la Convención Internacional de Lucha contra la Desertificación (que emana de la Agenda 21 de Naciones Unidas), la cual tiene carácter obligatorio dentro de nuestro orden jurídico debido a que fue ratificada por el Senado de la República. Las obligaciones de los países miembros de la Convención son las de apoyar, de acuerdo con sus capacidades, a otros países en su propia lucha. Además, los países afectados por la desertificación se comprometen a realizar las acciones necesarias para combatirla, desde sus causas, por medio de la creación y fortalecimiento de instituciones adecuadas, modificaciones legislativas, asignación de recursos, información y, sobre todo, se comprometen a fomentar la participación plena de la sociedad.

El gobierno federal, al crear a la Semarnap, hace énfasis en la importancia de los recursos naturales en el desarrollo nacional y establece la prioridad de cuidarlos a través de su uso sustentable, preservando su capacidad productiva en el largo plazo.

Como parte de esa política, para normar funciones fue decretado el **Programa nacional forestal y de suelo 1995-2000**, que recoge y actualiza el Plan de Acción de Lucha contra la Desertificación elaborado en 1993.

El Programa Forestal y de Suelo pone el acento en inducir el mejor manejo de los procesos productivos agropecuarios y forestales, aunque mantiene actividades tradicionales de restauración.

Componentes del programa

El Programa propone realizar lo siguiente: actualizar la cartografía del estado de los suelos, vigilancia de la

desertificación acorde con la Convención Internacional de Lucha contra la Desertificación y determinación de la tasa de deforestación.

También considera promover un uso responsable del recurso, dentro del marco de pleno derecho de la propiedad que garantiza nuestra Constitución, y fomentar el buen manejo de las tierras mediante las acciones siguientes:

Elaboración de una nueva Ley de Conservación de Tierras; Emisión de Normas Oficiales Mexicanas y Técnicas en materia de manejo de agostaderos; Manejo de áreas estuarinas; Manejo de tierras frágiles; Actividades mineras; Construcción de caminos, Cartografía, Análisis de suelos; y Manejo de germoplasma para reforestación.

Promoción y orientación de las políticas de apoyos

Establecer un Programa de Manejo de Tierras (PMT) en el que, de manera concertada y con asesoría técnica libremente seleccionada, los productores precisen la forma de manejo de sus tierras, sean éstas de uso agrícola, pecuario o de forestación. Se establece con este instrumento: a) la localización de cada productor y parcela; b) un compromiso con la institución de la cual reciben el apoyo; c) la posibilidad de un seguimiento de las acciones.

Reorientación del Programa Nacional de Reforestación

El Programa Nacional de Reforestación (Pronare) es coordinado por la Sedesol e involucra a Sagar, Sedena y Semarnap, ésta última a cargo de la conducción técnica. Los instrumentos principales previstos en el Pronare son: Programa permanente de observación y evaluación técnica; establecimiento de una Red Nacional de Bancos de Germoplasma; Programa de capacitación del personal gubernamental y de los usuarios involucrados en el Pronare; elaboración de un sistema de información de especies adaptables y áreas estratégicas; elaboración de una Norma Oficial Mexicana que regule las actividades en materia de germoplasma y movilización de planta; y fortalecimiento de viveros estratégicos.

Manejo integral de las cuencas hidrológicas

El sistema de flujo hidráulico integra efectos más amplios que los límites de los predios, con interacciones significativas como la infiltración, la recarga de los acuíferos, el control de las avenidas, la contaminación (particularmente por agroquímicos), el daño por desestabilización de construcciones y obras de infraestructura y los azolves.

Establecimiento de áreas piloto

Mediante el apoyo a experiencias ya puestas en marcha, el Programa establece áreas donde: sean validados diversos componentes técnicos de la conservación y manejo sustentable de las tierras; se puedan evaluar los costos y beneficios de la conservación de las tierras; se sistematicen los aspectos de contexto que han hecho posibles las experiencias exitosas, tales como la organización, una mejor inserción en los mercados, el aprovechamiento de los programas públicos y otros; y finalmente, se logren efectos demostrativos multiplicadores y de capacitación por medio de intercambios entre productores.

Productos forestales no maderables de zonas secas

En el marco de la atención a los recursos forestales no maderables de zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, se ha promovido una atención por especie, a través de las acciones de Inventario, Repoblación, Desarrollo Industrial, Comercialización, Normas, Organización y Capacitación, actividades que en gran medida son realizadas por la Comisión Nacional de Zonas Áridas (Conaza), o en coordinación con Semarnap de acuerdo con el convenio respectivo firmado en 1995.

Considerando la degradación de áreas de aprovechamiento, la pérdida de recursos genéticos y la importancia socioeconómica de cada especie, se han identificado como especies de atención prioritaria a las siguientes: candelilla, lechuguilla, orégano, palmilla, cortadillo, agaves y nopales silvestres, piñón, jojoba, mezquite, amate, linaloe, copal, palma sombrerera y papita de monte.

Regulación del cambio de uso del suelo

Acuerdos de Restauración

Como acciones compensatorias al otorgamiento de autorizaciones de cambio de uso del suelo, se han llevado a cabo convenios entre los promotores y los solicitantes de reforestación, conservación y restauración de suelos en áreas deterioradas y de superficies similares. En 1996 se autorizó el cambio de uso de 3 500 hectáreas y fueron restauradas 750 hectáreas.

En este contexto el esquema de trabajo acordado entre la Semarnap y la Secretaría de la Reforma Agraria (SRA) busca: asignar en usufructo las parcelas en asamblea general, a condición de que no cambie su uso y se integre a un plan de manejo; delimitar y cartografiar las zonas forestales, para excluirlas en definitiva del Procede (Programa de Certificación de Derechos Ejidales); y delimitar terrenos forestales para la declaración de áreas forestales permanentes.

Mejoramiento de las tierras de pastoreo

La Semarnap, conjuntamente con la Comisión Técnico-Consultiva para la Determinación Regional de los Coeficientes de Agostadero (Cotecoca), han concluido la elaboración del proyecto de Norma Oficial Mexicana (NOM) de agostaderos, que establece procedimientos y lineamientos sobre conservación, rehabilitación y mejoramiento de agostaderos del país, con el objeto de evitar los desmontes y cambios de utilización de las tierras, así como facilitar las actividades que tiendan a incrementar la productividad pecuaria y la cobertura vegetal protectora.

Promoción de la investigación, la educación y difusión en la materia

El Programa plantea directamente: Participar en la revisión de los principales materiales para la educación básica; colaborar con las instituciones formadoras de técnicos, en el diseño de planes y programas; elaborar materiales de difusión para ser utilizados en campañas y programas educativos, preferentemente aprovechando la infraestructura de tele-secundarias; y promover el intercambio directo entre productores.

Impulso a la aplicación de la Convención Internacional de Lucha contra la Desertificación

El proceso de desertificación, los conceptos y compromisos que implica la Convención, requieren de un esfuerzo especial que incluye: fomento a la formación de una RED nacional institucional y ciudadana; difusión, por diversos medios, de la Convención; en lo inmediato, mantener el papel de México en los trabajos de las negociaciones internacionales; participar en la aplicación del anexo latinoamericano y del Caribe, y en la elaboración y realización del Plan de Acción correspondiente.