

# Capítulo 3. Suelos

## Capítulo 3. Suelos



El territorio que hoy es México ha sufrido una compleja historia geológica. Áreas considerables del territorio nacional emergieron del fondo oceánico, como casi todo el oriente del país; mientras que otras han sido conformadas, en gran medida, por la actividad volcánica, como el cinturón de volcanes que corre de Colima hacia el centro de Veracruz, así como la península de Baja California que ahora lentamente se separa del resto del territorio. En nuestro país coexisten rocas que datan de millones de años con suelos que no han cumplido una decena de años.

Producto de esta historia geológica es la alta diversidad de rocas, con características y orígenes distintos, que han interactuado de formas diferentes con el agua, el clima y la biota que habita en su región, dando como resultado una capa superficial muy importante para la vida conocida como suelo (véase **¿Qué es el suelo?**).

Hasta hace poco tiempo la protección del suelo no era considerada un asunto de mucha importancia. Sin embargo, recientemente se ha tomado conciencia del papel de este recurso y de las intensas presiones a las que se ha visto sometido. En 1992, durante la cumbre de Río, los países participantes, incluyendo México, firmaron una serie de declaraciones relacionadas con la protección del suelo; poco tiempo después, en 1994, se formó la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (UNCCD, por sus siglas en inglés), que tiene entre sus objetivos evitar y reducir la degradación del suelo, rehabilitar terrenos parcialmente degradados y recuperar tierras desertificadas. Estas acciones

son, sin duda, un reconocimiento a la estrecha relación entre la degradación del suelo con otros problemas ambientales relevantes como la pérdida de la biodiversidad y el cambio climático.

En México se han derivado 25 de las 28 unidades de suelos reconocidas por la FAO/UNESCO/ISRIC en 1988. Sin embargo, la mayor parte del territorio nacional está dominado por cinco unidades: leptosoles (24% del territorio), regosoles (18.5%), calcisoles (18.2%), feozems (9.7%) y vertisoles (8.3%) (Figura 3.1, Cuadro D3 SUELO01 01).

Los leptosoles (del griego *leptos*, delgado) se caracterizan por su escasa profundidad (menor a 25 cm). Una proporción importante de estos suelos se clasifica como leptosoles líticos, con una profundidad de 10 centímetros o menos. Otro componente destacado de este grupo son los leptosoles réndzicos, que se desarrollan sobre rocas calizas y son muy ricos en materia orgánica. En algunos casos son excelentes para la producción agrícola, pero en otros pueden resultar muy poco útiles ya que su escasa profundidad los vuelve muy áridos y el calcio que contienen puede llegar a inmovilizar los nutrientes minerales. Los leptosoles son comunes en la Sierra Madre Oriental, la Occidental y la del Sur, así como en la vasta extensión del Desierto Chihuahuense (Mapa 3.1). En las montañas, también se encuentran los leptosoles, debido a que las pendientes y la consecuente erosión imponen una restricción a la formación del suelo, mientras que en los desiertos, la escasez de agua ocasiona una formación lenta del suelo. Los leptosoles dominan también la península de Yucatán, un territorio que

## ¿Qué es el suelo?

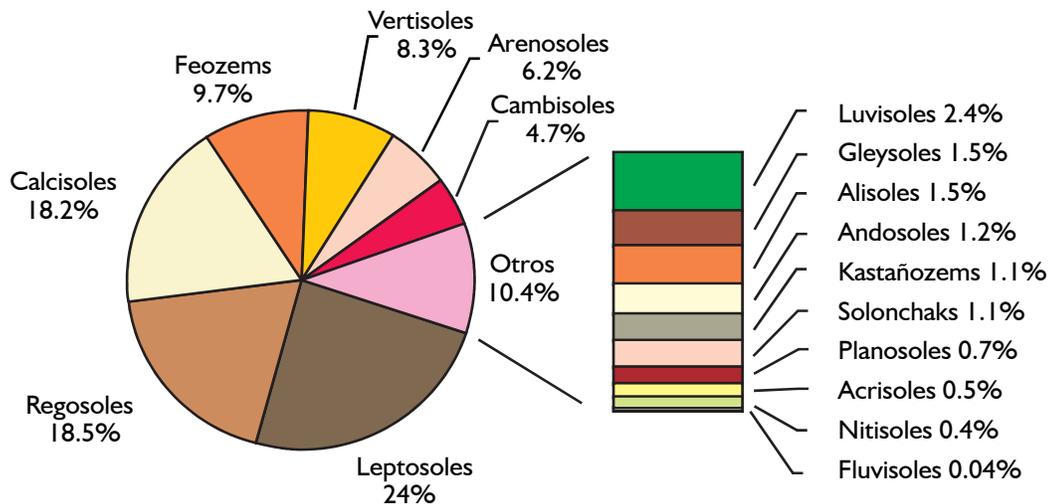
El suelo es la parte exterior de la corteza terrestre en donde las rocas se han desintegrado por efecto del intemperismo, formando una cubierta en la que vive una microbiota, una flora y una fauna microbianas que, actuando en conjunto, transforman materia mineral en alimento de las plantas, para que puedan ser utilizadas posteriormente por los animales y los seres humanos. El suelo está constituido por una capa más o menos gruesa de material fragmentario no consolidado que se conoce con el nombre de "regolita" y que se apoya en la roca subyacente. El suelo, junto con el agua en forma de lluvia o corrientes, permite el establecimiento de las actividades forestales, ganaderas y agrícolas. Así, el suelo es el resultado de

la interacción del clima, la roca madre, el drenaje, la topografía, los microorganismos y la vegetación a lo largo del tiempo. La calidad del suelo se refiere a su capacidad para sostener la productividad vegetal y animal, así como mantener o mejorar la calidad del aire y agua. Su importancia radica en su naturaleza no renovable en los tiempos de vida humana; en promedio el suelo tarda en formarse de 100 a 400 años por centímetro de cubierta fértil, a través de la interacción del clima, la topografía, organismos (plantas, animales y el hombre) y minerales (Doran, 1996).

**Fuente:**

Doran, J. W. Methods for assessing soil quality. En: J.W. Doran and Alice J. Jones (Eds.). SSSA Special Publ. 49. Soil Science Society of America Inc. Madison, WI. 1996.

**Figura 3.1 Superficie nacional cubierta por las principales unidades de suelos**



**Fuente:**

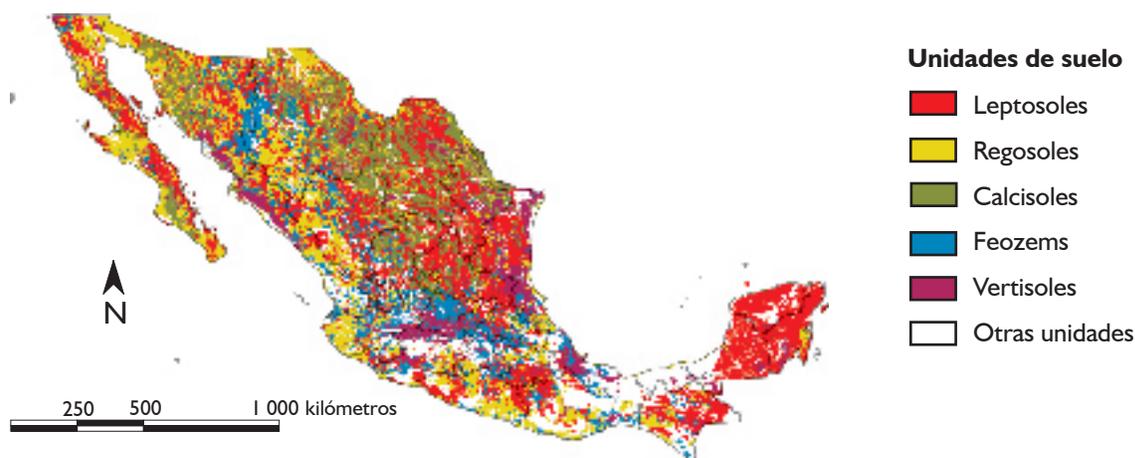
Elaboración propia con datos de: Semarnat. *Inventario Nacional de Suelos 2002*. México. 2002.

emergió del fondo oceánico en fecha relativamente reciente, por lo que sus suelos no han tenido tiempo suficiente para desarrollarse.

Los regosoles (del griego *reghos*, manto) son suelos muy jóvenes, generalmente resultado del depósito reciente de roca y arena acarreadas por

el agua; de ahí que se encuentren sobre todo en sierras, donde son acumulados por los ríos que descienden de la montaña cargados de sedimentos. Las extensiones más vastas de estos suelos en el país se localizan cercanas a la Sierra Madre Occidental y del Sur (Mapa 3.1). Las variantes más comunes en el territorio, los regosoles éutricos y calcáricos,

Mapa 3.1 Principales unidades de suelo en México



Fuente:

Elaboración propia con datos de: INEGI. *Edafología de la República Mexicana*, escala 1: 250 000. México, 2004.

se caracterizan por estar recubiertos por una capa conocida como «ócrica» que, al ser retirada la vegetación, se vuelve dura y costrosa impidiendo la penetración de agua hacia el subsuelo, lo que se vuelve un factor adverso para el establecimiento de las plantas. Esta combinación (poca cubierta vegetal y dificultad de penetración del agua al suelo) favorece la escorrentía superficial y con ello la erosión.

Los calcisoles (del latín *calx*, cal) se distinguen por presentar una capa dura de «caliche» (véase **Los suelos someros**) a menos de un metro de profundidad, una gran cantidad de calcio y, a menudo, una capa ócrica, características que los convierten en suelos secos e infértiles. Los calcisoles se desarrollan bajo climas áridos, por lo que se les encuentra fundamentalmente en el Desierto Chihuahuense (Mapa 3.1).

Los feozems (del griego *phaios*, oscuro y del ruso *zemlja*, suelo) son, a diferencia de los anteriores, muy fértiles y aptos para el cultivo, si bien son sumamente proclives a la erosión. Con frecuencia son suelos profundos y ricos en materia orgánica. Se desarrollan sobre todo en climas templados y húmedos, por lo que se encuentran recubriendo el Eje Neovolcánico Transversal y porciones de la Sierra Madre Occidental (Mapa 3.1).

Finalmente, los vertisoles (del latín *vertere*, invertir) son suelos sumamente arcillosos que se desarrollan en climas de subhúmedos a secos. Al igual que los feozems, son profundos, muy duros cuando están secos y lodosos al mojarse (debido a su alto contenido de arcillas), por lo que resulta difícil trabajarlos. Aunque no se consideran suelos fértiles, con prácticas tecnológicas adecuadas e insumos mantienen cultivos con alta productividad. No es coincidencia que algunas de las zonas consideradas «graneros», como el Bajío o Sinaloa, cuenten con grandes extensiones de vertisoles (Mapa 3.1).

Feozems y vertisoles representan el 18% de los suelos del país. Otros, como los cambisoles, arenosoles, luvisoles, andosoles o kastañozems (Figura 3.1) son igualmente adecuados para su explotación agrícola, aunque algunos se erosionan con facilidad (**Cuadro D3 SUELO01 01**). En total representan alrededor del tercio restante de la superficie nacional. En el **Cuadro D3 SUELO01 02** se desglosa la cobertura de suelos por entidad federativa.

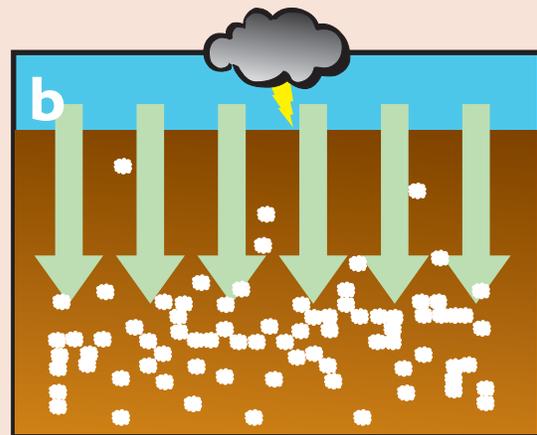
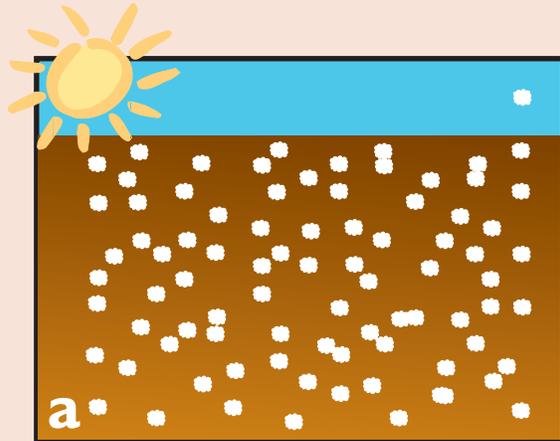
Existe una clara asociación entre el suelo y la vegetación. Los calcisoles y arenosoles están restringidos prácticamente a las zonas áridas y semiáridas, cubiertas por matorrales y pastizales.

## Los suelos someros

La mayor parte de los suelos de México son poco profundos, lo cual trae consigo numerosos problemas. Entre ellos, el agua que permanece cerca de la superficie se evapora rápidamente, lo que provoca que los leptosoles y otros suelos que tienen la roca madre a escasa profundidad impongan condiciones de aridez a las plantas, aun cuando el régimen de lluvia sea abundante. Un ejemplo de ello es el Pedregal de San Ángel, en el Distrito Federal, un derrame volcánico cubierto por escaso suelo. A pesar de que la precipitación es suficiente para mantener un bosque, la zona apenas soporta una vegetación de aspecto desértico. Por otro lado, cuando llueve, los suelos delgados se saturan rápidamente, de tal modo que el agua que no puede infiltrarse comienza a correr por la superficie, erosionándola. El suelo se vuelve cada vez más somero, más árido y más erosionable. Si a esto agregamos que muchos suelos de montaña son poco profundos y que su declive natural acelera la velocidad de los escurrimientos, es fácil darse cuenta que se trata de sistemas muy frágiles.

Los suelos, especialmente en las zonas áridas, pueden desarrollar un horizonte petrocálcico o «caliche». Cuando los suelos son jóvenes (*Figura a*), las sustancias que los conforman suelen estar dispersas en todo su perfil. Éste puede ser el caso del calcio, representado en la figura por los puntos blancos. Cuando llueve, parte del calcio es acarreado por el agua que lo deposita en zonas más profundas (*Figura b*). Con el paso del tiempo se forma una zona, u horizonte, rica en calcio. Este elemento puede entonces reaccionar químicamente para producir carbonato de calcio, el cual se cementa firmemente formando una estrato más o menos continuo que asemeja a una roca: el

caliche (en blanco, *Figura c*). Esta capa es impermeable y frecuentemente se localiza a unos pocos centímetros de la superficie del suelo. Esta característica es típica de los calcisoles y de varios tipos de leptosoles.





Los feozems y andosoles son típicos de los bosques y pastizales templados. Los gleysoles y los alisoles son más frecuentes en las zonas cálidas y húmedas cubiertas por selvas (Figura 3.2).

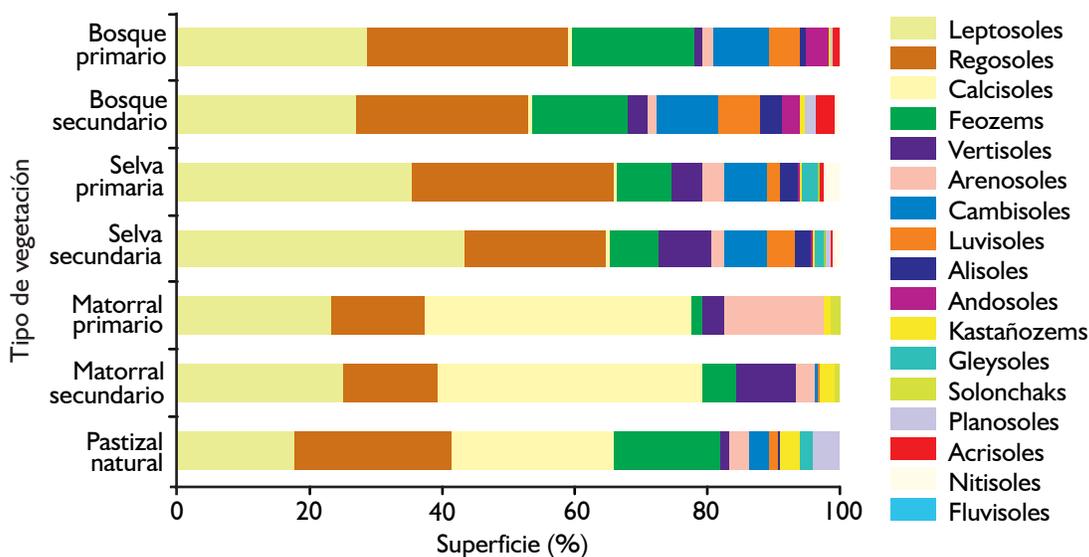
La frecuencia con la que se dan los cambios de uso de suelo depende del tipo de sustrato y del uso futuro que se le dará al terreno. La proporción de feozems, vertisoles o cambisoles empleados en la agricultura es superior a la media nacional para otros suelos, mientras que los leptosoles, regosoles y calcisoles son utilizados con menor frecuencia. Sin embargo, no siempre ocurre así, también es evidente el efecto de las dinámicas y características regionales. Por ejemplo, en el norte del país las condiciones de aridez hacen más común el uso del riego para los cultivos y, en consecuencia, los calcisoles son aprovechados de manera asidua en la agricultura de riego. En las selvas del golfo y sureste se han inducido extensos potreros, por lo que los gleysoles y alisoles son más comunes bajo la forma de pastizales inducidos de lo que es la media nacional (Figura 3.3). Dentro de los suelos cultivados hay una variabilidad considerable en

términos de su fertilidad. Mientras que Sinaloa es el estado con los suelos más fértiles del país, Tlaxcala tiene suelos muy pobres (su índice de fertilidad es la séptima parte que el sinaloense) (Mapa 3.2), aunque paradójicamente es el estado con mayor porcentaje de superficie cultivada en el país.

### Degradación de los suelos

El suelo es considerado un recurso natural frágil y no renovable, debido a que resulta difícil y costoso recuperarlo o, incluso, mejorar sus propiedades después de haber sido erosionado por las fuerzas abrasivas del agua y el viento o deteriorado física o químicamente. El suelo realiza un gran número de funciones clave tanto ambientales como económicas, sociales y culturales que son esenciales para la vida. Es indispensable para la producción de alimentos y el crecimiento vegetal, almacena minerales, materia orgánica, agua y otras sustancias químicas y participa en su transformación; sirve de filtro natural para las aguas subterráneas; es hábitat de una gran cantidad de organismos; proporciona materias primas para la construcción (arcilla, arenas, minerales, etc.) y es un elemento del paisaje y del patrimonio cultural.

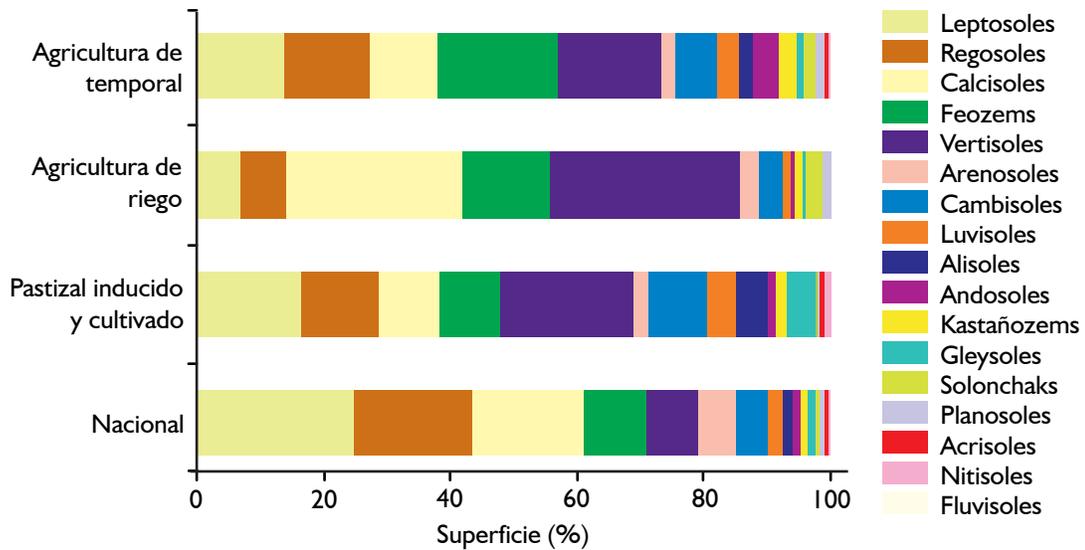
**Figura 3.2 Suelos asociados a los diferentes tipos de vegetación presentes en México**



Fuente: Elaboración propia con datos de: Semarnat. *Inventario Nacional de Suelos 2002*. México. 2002.

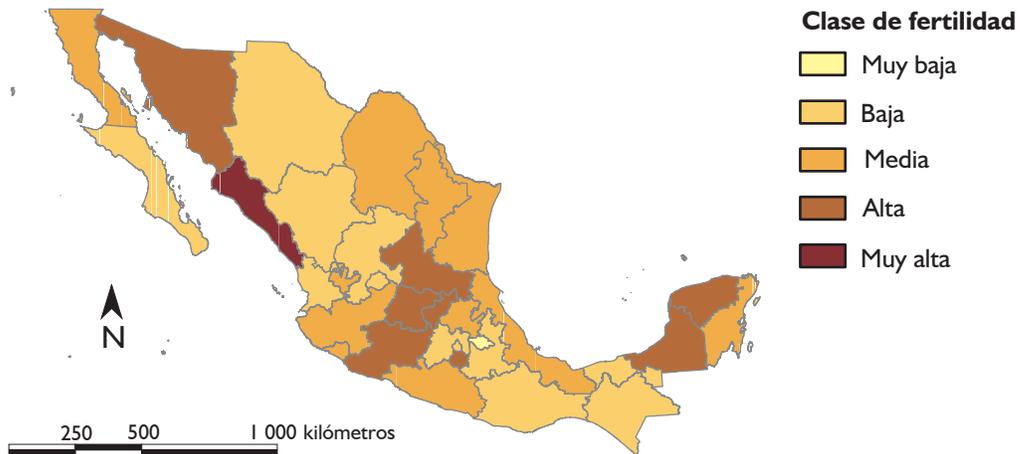


**Figura 3.3 Suelos con uso agropecuario según unidades de suelo en México**



Fuente: Elaboración propia con datos de: Semarnat. *Inventario Nacional de Suelos 2002*. México. 2002.

**Mapa 3.2 Fertilidad de suelos agrícolas por entidad federativa, 1996**



Fuente: Ojeda, D. y E. Ojeda T. *Suelos cultivados de la República Mexicana, contenido medio de nutrientes minerales aprovechables*. UACH. México. 1996.

La creciente demanda de alimentos para una población en crecimiento con patrones de consumo más intensos, constituye una enorme fuente de presión tanto sobre los ecosistemas naturales (para ser transformados en terrenos agrícolas o pecuarios), como sobre las tierras ya destinadas a

estas actividades productivas, lo que favorece el deterioro del suelo.

La degradación de los suelos se refiere básicamente a los procesos desencadenados por las actividades humanas que reducen su capacidad

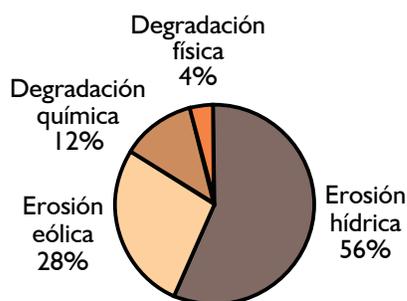


actual y/o futura para sostener ecosistemas naturales o manejados, para mantener o mejorar la calidad del aire y agua, y para preservar la salud humana. Se estima que alrededor de 2 mil millones de hectáreas (15% de la superficie terrestre) en el mundo sufren algún tipo de degradación edáfica.

La erosión provocada por el agua es la forma más común de degradación del suelo en el mundo (Figura 3.4). Cada año los ríos acarrean al océano más de 24 mil millones de toneladas de tierra cultivable; si se juntara todo el suelo que ha sido arrastrado por la erosión hídrica en el mundo en los últimos 20 años, equivaldría a toda la capa de suelo cultivable de los terrenos agrícolas de Estados Unidos. Las causas más frecuentes de dicha degradación son el sobrepastoreo, la deforestación y las malas prácticas agrícolas (Figura 3.5, PNUMA-Earthscan, 2002). Por lo general, la degradación de suelos es más severa en los países en vías de desarrollo, aunque algunos de los más prósperos también enfrentan graves problemas.

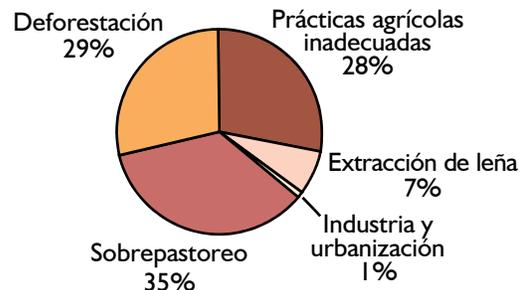
Las primeras estimaciones de la magnitud de la degradación de los suelos del país se remontan a mediados de los 1940's. Los primeros trabajos se enfocaron sólo a estimar la erosión, utilizaron métodos heterogéneos, con insuficiente trabajo de campo y, por tanto, llevaron a resultados muy divergentes. Los esfuerzos más recientes

**Figura 3.4 Principales procesos de la degradación de suelos en el mundo, 1994**



**Fuente:** Elaboración propia con datos de: GACGC. *World in transition: the threat to soils*. Annual report. Economica Verlag. Bonn. 1994.

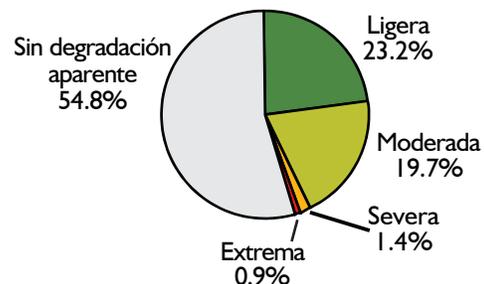
**Figura 3.5 Principales causas de degradación de suelos en el mundo, 1994**



**Fuente:** Elaboración propia con datos de: GACGC. *World in transition: the threat to soils*. Annual report. Economica Verlag. Bonn. 1994.

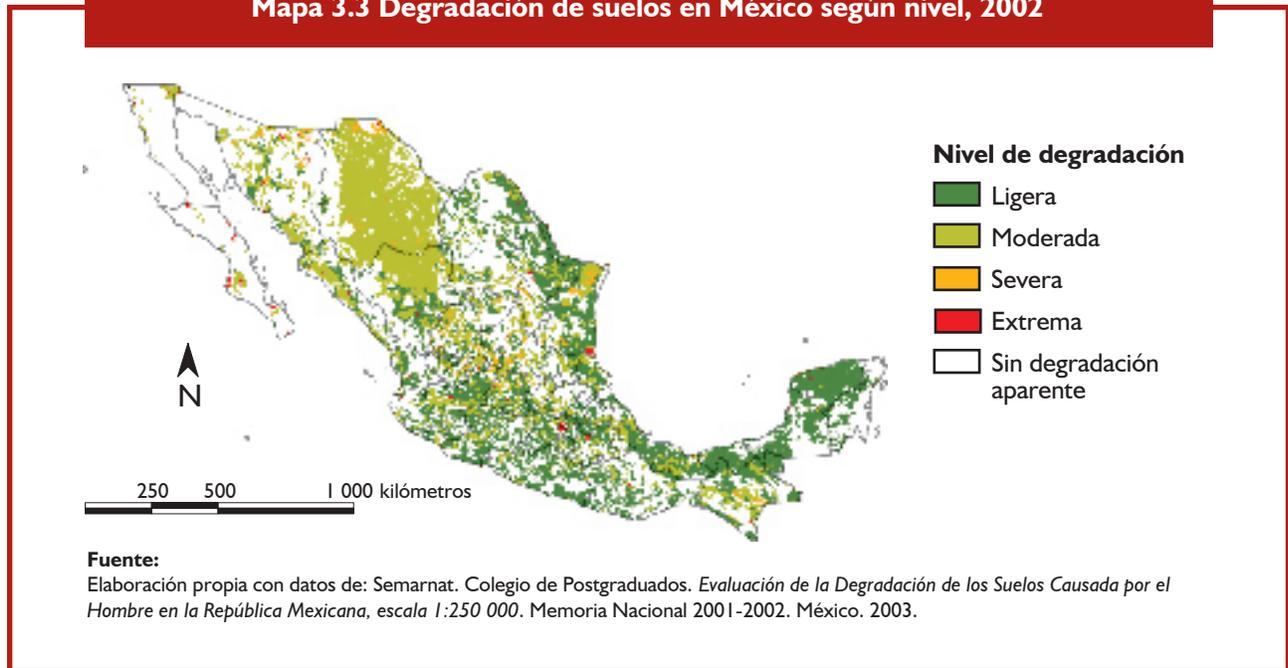
comenzaron en los 1990's y han incluido no sólo la erosión sino también los varios procesos, particularmente aquellos relacionados con las actividades humanas, que conducen a la degradación del suelo. En 1997, la Semarnap produjo una carta escala 1:4 000 000 como resultado de la Evaluación Nacional de Degradación de Suelos. Esa carta fue luego utilizada como la base para obtener una evaluación más detallada (a escala 1:1 000 000) en 1999, que mostró que el 64% de los suelos del país estaban afectados por varios tipos y niveles

**Figura 3.6 Degradación de suelos según nivel en México, 2002**



**Fuente:** Semarnat. Colegio de Postgraduados. *Evaluación de la Degradación de los Suelos Causada por el Hombre en la República Mexicana, escala 1:250 000*. Memoria Nacional 2001-2002. México. 2003.

Mapa 3.3 Degradación de suelos en México según nivel, 2002



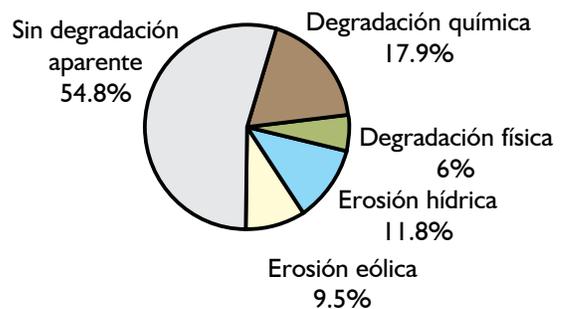
de degradación y que sólo el 23% del país estaba ocupado por suelos que, de manera estable, sostenían actividades productivas, sin degradación aparente.

Aunque la evaluación de 1999 aportó información muy valiosa, su pequeña escala la hacía inadecuada para la toma de decisiones y para diseñar programas de manejo o de restauración de suelos. Por esta razón, en 2001-2002, y como parte del Inventario Nacional Forestal y de Suelos, la Semarnat comisionó la realización de una evaluación exhaustiva y más detallada (escala 1:250 000) de la degradación de los suelos inducida por el hombre.

Esta más reciente evaluación muestra que los suelos afectados por algún tipo de degradación<sup>1</sup> representan 45% de la superficie total del país; de esta superficie 5% presenta un deterioro severo o extremo y 95% queda ubicado dentro de los márgenes de ligero a moderado (Figura 3.6; Mapa 3.3).

En la degradación de suelos se reconocen dos procesos: 1) el que implica el desplazamiento del material del suelo, que tiene como agente causal a la erosión hídrica y la eólica y 2) el que se refleja en un detrimento de la calidad del suelo, tal como la degradación química y la biológica.

Figura 3.7 Principales procesos de degradación de suelos en México, 2002

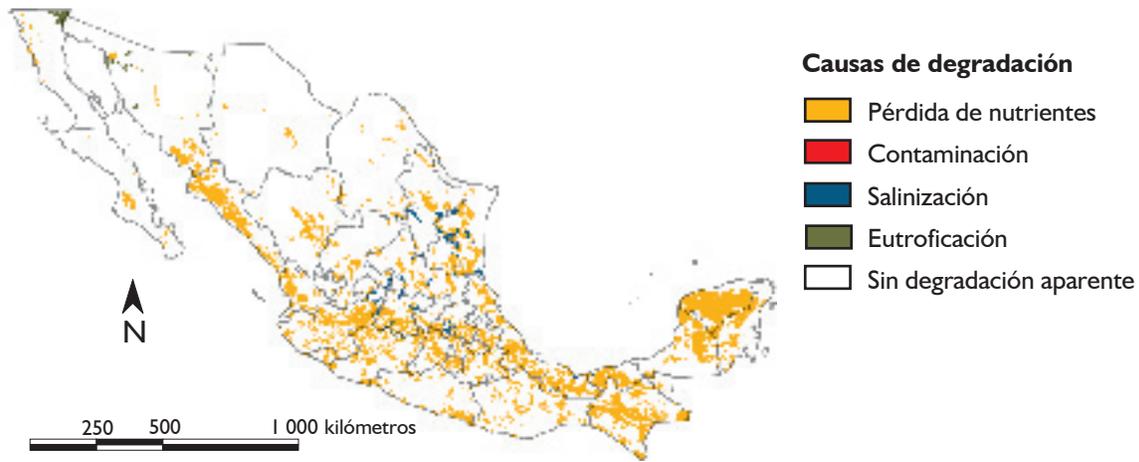


Fuente: Semarnat. Colegio de Postgraduados. Evaluación de la Degradación de los Suelos Causada por el Hombre en la República Mexicana, escala 1:250 000. Memoria Nacional 2001-2002. México. 2003.

Los principales procesos causales de la degradación de los suelos en México son la degradación química, la erosión hídrica y la eólica, responsables en conjunto del 87% de la superficie afectada, con 34.9, 23 y 18.5 millones de hectáreas, respectivamente (Figura 3.7).

<sup>1</sup>El nivel de degradación se evalúa en términos de la productividad biológica de los terrenos: 1) Ligero: terrenos aptos para sistemas forestales, pecuarios y agrícolas locales con alguna reducción apenas perceptible en su productividad; 2) Moderado: terrenos que presentan una marcada reducción en su productividad; 3) Severo: los terrenos a nivel de predio o de granja con una productividad irrecuperable a menos que se realicen proyectos de restauración y 4) Extremo: su productividad es irrecuperable y su restauración materialmente imposible.

Mapa 3.4 Causas de la degradación química de suelos en México, 2002



**Fuente:**

Elaboración propia con datos de: Semarnat. Colegio de Postgraduados. *Evaluación de la Degradación de Suelos Causada por el Hombre en la República Mexicana*, escala 1:250 000. Memoria Nacional 2001-2002. México. 2003.

La degradación química del suelo está muy asociada a la intensificación de la agricultura en los últimos años. En prácticamente todos los suelos del país que muestran degradación química ésta se debe a la reducción de su fertilidad por pérdida de nutrientes. La península de Yucatán y amplias zonas de las planicies de Sinaloa y Tabasco muestran de manera importante este tipo de degradación (Mapa 3.4). Otros procesos que llevan a la degradación química son la contaminación y la salinización. La primera, en muchos casos, es debida a la presencia de sustancias extrañas en el suelo provenientes de tiraderos de basura, derrames, residuos industriales y deposición de compuestos acidificantes. La acumulación de sales en el suelo se presenta principalmente en las zonas áridas, las cuencas cerradas y las costas que tienen suelos naturalmente salinos (Mapa 3.4). El riego, ya sea que utilice agua de mantos acuíferos o aguas tratadas, puede agravar la salinidad cuando tiene concentraciones altas de elementos como el sodio. También un riego excesivo puede elevar el manto freático, formando salitre en la superficie. Los terrenos con drenaje deficiente y/o alta evaporación son particularmente susceptibles a este problema. La salinización puede convertirse en un problema severo, ya que la mayoría de las plantas reducen su desempeño en suelos salinos, lo que abate los rendimientos de las cosechas.

La erosión hídrica es el desprendimiento de las partículas del suelo bajo la acción del agua, dejándolo desprotegido y alterando su capacidad de infiltración, lo que propicia el escurrimiento superficial. Este tipo de erosión presenta dos modalidades, la primera con pérdida de la capa superficial, que ocurre cuando el agua fluye en forma más o menos homogénea por una zona arrastrando la capa superior del suelo – que es la que contiene más nutrientes y materia orgánica –, reduciendo su fertilidad. La segunda se presenta cuando el flujo del agua se concentra en un cauce donde la erosión es más rápida, de modo que va abriendo una zanja cada vez más profunda, conocida como “cárcava”, en cuyo caso se dice que hay deformación del terreno. Las zonas afectadas por erosión hídrica alcanzan el 11.8% del territorio nacional (Tabla 3.1). Este tipo de erosión tiene lugar sobre todo en las zonas montañosas (ver **Zonas frágiles** dentro de este capítulo). Una excepción notable es la península de Baja California, que no muestra señales de erosión hídrica pesar de contar con importantes montañas (Mapa 3.5). Los estados que presentan una mayor proporción de su superficie afectada por este tipo de erosión son: Guerrero (31.5%), Michoacán (26.5%) y el Estado de México (24.7%). En contraste, los estados que no mostraron efectos de la erosión hídrica son: Campeche, Yucatán y Quintana Roo.

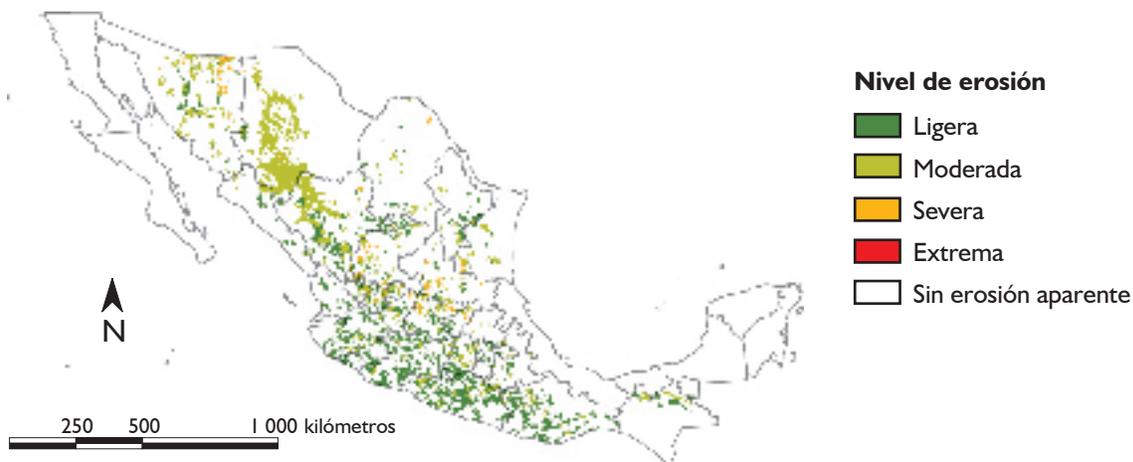
**Tabla 3.1 Erosión hídrica actual por entidad federativa, 2002**

Entidad federativa	Erosión hídrica actual					
	Deformación del terreno		Pérdida del suelo superficial		Superficie estatal afectada	
	Superficie (ha)	Proporción (%)	Superficie (ha)	Proporción (%)	Superficie (ha)	Proporción (%)
Aguascalientes	20 465	3.68	112 505	20.21	132 971	23.88
Baja California	3 136	0.04	4 203	0.06	7 339	0.10
Baja California Sur	1 065	0.02	1 188	0.02	2 253	0.03
Campeche	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Chiapas	42 903	0.58	325 862	4.43	368 764	5.01
Chihuahua	35 428	0.14	2 925 502	11.84	2 960 930	11.99
Coahuila	109 326	0.73	497 143	3.30	606 468	4.03
Colima	5 811	1.04	113 461	20.32	119 273	21.36
Distrito Federal	752	0.51	16 259	11.01	17 010	11.52
Durango	208 898	1.71	2 611 398	21.38	2 820 297	23.09
Guanajuato	105 375	3.47	605 018	19.94	710 394	23.41
Guerrero	351 919	5.53	1 652 607	25.99	2 004 527	31.53
Hidalgo	10 938	0.53	121 750	5.89	132 688	6.41
Jalisco	183 615	2.35	1 736 571	22.27	1 920 186	24.62
México	160 306	7.22	388 710	17.50	549 017	24.72
Michoacán	245 194	4.20	1 303 496	22.34	1 548 691	26.54
Morelos	12 506	2.57	52 028	10.67	64 534	13.24
Nayarit	5 052	0.18	486 318	17.57	491 369	17.76
Nuevo León	103 224	1.62	568 464	8.94	671 688	10.56
Oaxaca	232 105	2.51	1 443 216	15.60	1 675 321	18.11
Puebla	106 379	3.12	233 962	6.86	340 341	9.99
Querétaro	11 614	1.00	151 591	13.12	163 205	14.12
Quintana Roo	0	0.00	0	0.00	0	0.00
San Luis Potosí	80 292	1.33	355 451	5.87	435 743	7.20
Sinaloa	42 172	0.77	827 323	15.06	869 495	15.82
Sonora	162 450	0.90	2 157 706	11.96	2 320 156	12.86
Tabasco	592	0.02	56 559	2.30	57 151	2.33
Tamaulipas	120 321	1.56	498 290	6.47	618 611	8.03
Tlaxcala	21 239	5.35	51 461	12.96	72 701	18.31
Veracruz	2 933	0.04	57 381	0.81	60 314	0.85
Yucatán	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Zacatecas	290 611	3.89	760 137	10.19	1 050 748	14.08
<b>Nacional</b>	<b>2 676 622</b>	<b>1.38</b>	<b>20 115 562</b>	<b>10.38</b>	<b>22 792 184</b>	<b>11.77</b>

**Fuente:**

Semarnat. Colegio de Postgraduados. *Evaluación de la Degradación de los Suelos Causada por el Hombre en la República Mexicana, escala 1:250 000*. Memoria Nacional 2001-2002. México. 2003.

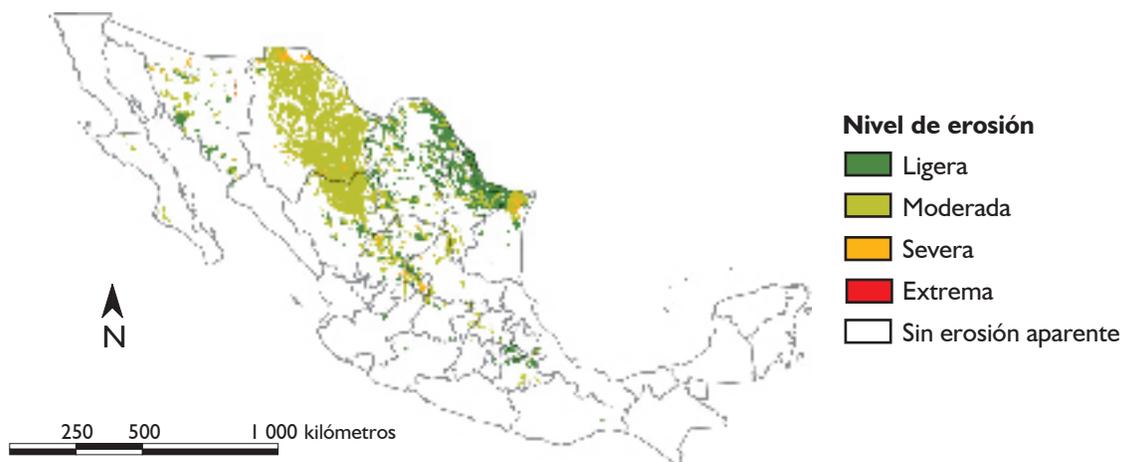
**Mapa 3.5 Erosión hídrica de suelos según nivel en México, 2002**



**Fuente:**

Elaboración propia con datos de: Semarnat. Colegio de Postgraduados. *Evaluación de la Degradación de los Suelos Causada por el Hombre en la República Mexicana*, escala 1:250 000. Memoria Nacional 2001-2002. México. 2003.

**Mapa 3.6 Erosión eólica de suelos según nivel en México, 2002**



**Fuente:**

Elaboración propia con datos de: Semarnat. Colegio de Postgraduados. *Evaluación de la Degradación de los Suelos Causada por el Hombre en la República Mexicana*, escala 1:250 000. Memoria Nacional 2001-2002. México. 2003.

Cuando el viento es el agente que provoca la erosión, ésta se conoce como erosión eólica y afecta poco más del 9% del territorio nacional (17.6 millones de hectáreas). Los estados con la mayor proporción superficial afectada son: Tlaxcala (26.1%), Chihuahua (25.9%) y Nuevo León (18.87%) (Tabla 3.2). Los estados que no registran este tipo de erosión son: Campeche, Chiapas y

Tabasco. Este tipo de erosión se presenta sobre todo en las zonas secas del norte del país, aunque se encuentran también pequeñas áreas dispersas a lo largo de todo el territorio nacional (Mapa 3.6), es nula o indetectable en aquellos lugares con abundante vegetación y donde la velocidad del viento es muy baja, como en una gran porción del estado de Chiapas, hacia las áreas selváticas de la península

**Tabla 3.2 Erosión eólica actual por entidad federativa, 2002**

Entidad federativa	Erosión eólica actual					
	Deformación del terreno		Pérdida del suelo superficial		Superficie estatal afectada	
	Superficie (ha)	Proporción (%)	Superficie (ha)	Proporción (%)	Superficie (ha)	Proporción (%)
Aguascalientes	0	0.00	69 350	12.45	69 350	12.45
Baja California	0	0.00	20 371	0.28	20 371	0.28
Baja California Sur	0	0.00	84 334	1.22	84 334	1.22
Campeche	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Chiapas	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Chihuahua	0	0.00	6 401 006	25.91	6 401 006	25.91
Coahuila	30 013	0.20	2 052 245	13.64	2 082 258	13.84
Colima	0	0.00	15 523	2.78	15 523	2.78
Distrito Federal	0	0.00	2 283	1.55	2 283	1.55
Durango	470	0.00	2 113 867	17.31	2 114 337	17.31
Guanajuato	0	0.00	247 150	8.14	247 150	8.14
Guerrero	0	0.00	54 803	0.86	54 803	0.86
Hidalgo	2 536	0.12	111 764	5.40	114 301	5.53
Jalisco	0	0.00	209 082	2.68	209 082	2.68
México	0	0.00	106 964	4.82	106 964	4.82
Michoacán	0	0.00	187 491	3.21	187 491	3.21
Morelos	0	0.00	21 865	4.49	21 865	4.49
Nayarit	0	0.00	10 160	0.37	10 160	0.37
Nuevo León	0	0.00	1 200 395	18.87	1 200 395	18.87
Oaxaca	0	0.00	44 719	0.48	44 719	0.48
Puebla	43 805	1.29	289 448	8.49	333 252	9.78
Querétaro	0	0.00	83 801	7.25	83 801	7.25
Quintana Roo	0	0.00	0	0.00	0	0.00
San Luis Potosí	0	0.00	454 523	7.51	454 523	7.51
Sinaloa	2 732	0.05	23 459	0.43	26 191	0.48
Sonora	1	0.00	1 284 953	7.12	1 284 954	7.12
Tabasco	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Tamaulipas	0	0.00	1 045 691	13.58	1 045 691	13.58
Tlaxcala	0	0.00	103 742	26.13	103 742	26.13
Veracruz	0	0.00	48 863	0.69	48 863	0.69
Yucatán	0	0.00	0	0.00		.00
Zacatecas	4 950	0.07	1 205 734	16.16	1 210 685	16.22
<b>Nacional</b>	<b>84 507</b>	<b>0.04</b>	<b>17 493 587</b>	<b>9.03</b>	<b>17 578 094</b>	<b>9.07</b>

**Fuente:**

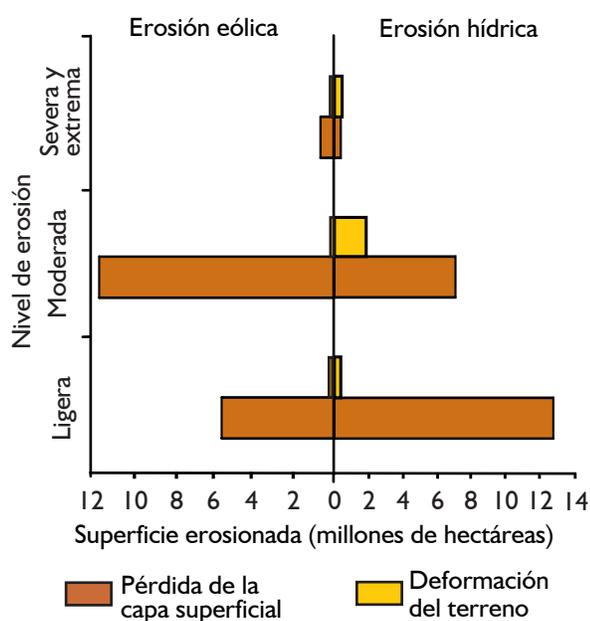
Semarnat. Colegio de Postgraduados. *Evaluación de la Degradación de los Suelos Causada por el Hombre en la República Mexicana, escala 1:250 000*. Memoria Nacional 2001-2002. México. 2003.

de Yucatán, en una franja desde los Chimalapas en Chiapas hasta la región de la Huasteca Potosina, en la región de El Cielo en Tamaulipas y la Sierra de Nayarit principalmente.

Para la erosión eólica se reconocen las mismas dos

modalidades que para la erosión hídrica: pérdida de la capa superficial y deformación del terreno (cuando se forman dunas). Sin embargo, la deformación por viento no es un problema extendido en México (85 mil hectáreas), mientras que la que está asociada al agua comprende más de 2 millones de hectáreas. En

**Figura 3.8 Erosión hídrica y eólica de suelos en México, 2002**



**Fuente:**

Elaboración propia con datos de: Semarnat. Colegio de Postgraduados. *Evaluación de la Degradación de los Suelos Causada por el Hombre en la República Mexicana, escala 1:250 000*. Memoria Nacional 2001-2002. México. 2003.

el caso de la deformación por viento, predomina la ligera (Figura 3.8). La movilidad del sustrato es muy alta en las cárcavas y en las dunas, por lo que las pocas plantas que llegan a germinar en estas condiciones son arrastradas junto con el suelo cuando aún son pequeñas, lo que favorece que no se desarrolle vegetación que pueda retener el terreno y, con ello, frenar la degradación.

Por último, la degradación física se refiere principalmente a la pérdida de la capacidad del sustrato para absorber y almacenar agua. Esto ocurre cuando el suelo se compacta (por ejemplo, por el tránsito de vehículos o animales), se endurece (encostramiento) o es recubierto (urbanización). Aunque este tipo de degradación no afecta grandes extensiones del país, si es importante debido a su alto impacto, ya que es un proceso prácticamente irreversible. La superficie afectada deriva en la pérdida de la función productiva de estos terrenos.

## Evaluación de la erosión potencial en México

En el 2002 la Semarnat comisionó también la realización de una Evaluación de la Pérdida de Suelo por Erosión Hídrica y Eólica en la República Mexicana (escala 1:1 000 000), con objeto de identificar los riesgos de erosión, y su magnitud, en el país. Para estimar la erosión potencial se utilizaron dos ecuaciones propuestas por la FAO: la ecuación universal de pérdida de suelo RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation, por sus siglas en inglés) para la erosión hídrica y la ecuación de erosión eólica WEE (Wind Erosion Equation, por sus siglas en inglés) para el otro caso. Es importante recalcar que este estudio busca evaluar la magnitud de la erosión que, potencialmente, podría ocurrir en un lugar y, por tanto, sus resultados no son comparables con los del estudio de degradación del suelo al que se hace mención en el presente trabajo (ver *Degradación de los suelos*).

De acuerdo con esta evaluación, a nivel nacional la superficie con riesgos de pérdida de suelo por erosión potencial hídrica es del 42%. A nivel estatal, 15 estados de la República presentan más del 50% de su superficie sin riesgo aparente de erosión hídrica, siendo los menos afectados Yucatán, Quintana Roo, Campeche, Tabasco y Baja California Sur (Tabla 3.3). Los restantes 17 estados presentan riesgos de erosión potencial hídrica en más del 50% de su superficie, destacan entre ellos: Guerrero, Puebla, Morelos, Oaxaca y el Estado de México.

Los estados que presentan una mayor superficie donde la erosión potencial hídrica sería potencialmente muy severa (superior a 200 ton/ha/año) son Puebla (13.3%), Hidalgo y Chiapas (ambos con 10.6%), Distrito Federal (10.3%) y México (9.9%). La erosión hídrica potencialmente severa (entre 50 y 200 ton/ha/año) ocurriría en grandes áreas de los estados de Guerrero (22.1%), Oaxaca (20.7%), México (18.5%) y Chiapas (17.3%). Riesgos de erosión hídrica moderada (entre 10 y 50 ton/ha/año) se presentan en los estados de Tlaxcala (40.1%), Guerrero (37.4%), Aguascalientes (37.1%), Nayarit y Morelos (ambos con 35.5%).

**Tabla 3.3 Erosión hídrica potencial de suelos según nivel por entidad federativa, 2002**

Entidad federativa	Superficie (miles de hectáreas) y proporción (%)					
	Sin erosión aparente	Con erosión <sup>1</sup> hídrica potencial				Total
		Ligera	Moderada	Severa	Muy severa	
Aguascalientes	173 (32.87)	106 (20.17)	196 (37.09)	46 (8.73)	6 (1.14)	354 (67.13)
Baja California	5 605 (78.38)	697 (9.75)	739 (10.34)	104 (1.46)	5 (0.07)	1 546 (21.62)
Baja California Sur	5 891 (79.67)	539 (7.29)	764 (10.33)	189 (2.55)	12 (0.17)	1 504 (20.33)
Campeche	5 587 (97.97)	57 (1)	51 (0.89)	7 (0.13)	1 (0.02)	116 (2.03)
Coahuila	10 274 (68.21)	1 501 (9.97)	2317 (15.38)	825 (5.48)	145 (0.96)	4 787 (31.79)
Colima	196 (35.91)	75 (13.68)	172 (31.53)	70 (12.76)	33 (6.13)	350 (64.09)
Chiapas	2 701 (36.69)	714 (9.7)	1897 (25.76)	1 270 (17.25)	781 (10.6)	4 662 (63.31)
Chihuahua	16 009 (65.09)	2 881 (11.71)	4485 (18.23)	1 053 (4.28)	169 (0.69)	8 588 (34.91)
Distrito Federal	82 (53.89)	14 (9.49)	19 (12.49)	21 (13.79)	16 (10.34)	70 (46.11)
Durango	5 734 (46.7)	1 744 (14.2)	3575 (29.11)	1 089 (8.87)	137 (1.12)	6 545 (53.3)
Guanajuato	1 404 (45.24)	541 (17.43)	874 (28.17)	247 (7.96)	37 (1.2)	1 699 (54.76)
Guerrero	1 341 (20.7)	703 (10.85)	2424 (37.42)	1 430 (22.06)	581 (8.97)	5 138 (79.3)
Hidalgo	543 (26.29)	277 (13.41)	699 (33.82)	328 (15.86)	220 (10.63)	1 523 (73.71)
Jalisco	2 558 (32.34)	1 232 (15.57)	2772 (35.05)	1 071 (13.54)	276 (3.49)	5 351 (67.66)
México	562 (26.26)	273 (12.73)	698 (32.6)	397 (18.52)	212 (9.89)	1 579 (73.74)
Michoacán	1 796 (30.66)	858 (14.65)	1996 (34.07)	893 (15.24)	315 (5.37)	4 062 (69.34)
Morelos	123 (24.82)	66 (13.3)	176 (35.45)	85 (17.15)	46 (9.28)	373 (75.18)
Nayarit	889 (32.79)	374 (13.8)	962 (35.5)	380 (14.01)	106 (3.9)	1 822 (67.21)
Nuevo León	4 337 (66.99)	672 (10.38)	1061 (16.39)	326 (5.03)	78 (1.21)	2 137 (33.01)
Oaxaca	2 365 (25.39)	1 069 (11.47)	3113 (33.42)	1 926 (20.68)	842 (9.04)	6 949 (74.61)
Puebla	800 (23.42)	429 (12.55)	1113 (32.59)	619 (18.12)	455 (13.31)	2 616 (76.58)
Querétaro	431 (35.55)	195 (16.12)	411 (33.95)	133 (11)	41 (3.38)	781 (64.45)
Quintana Roo	3 875 (98.84)	19 (0.49)	23 (0.58)	3 (0.07)	1 (0.02)	46 (1.16)
San Luis Potosí	3 401 (53.33)	1 064 (16.68)	1483 (23.25)	338 (5.3)	92 (1.44)	2 977 (46.67)
Sinaloa	3 292 (56.41)	664 (11.37)	1342 (23)	432 (7.4)	106 (1.82)	2 544 (43.59)
Sonora	13 082 (72.43)	1 853 (10.26)	2481 (13.74)	581 (3.22)	63 (0.35)	4 979 (27.57)
Tabasco	2 254 (91.59)	86 (3.5)	82 (3.35)	28 (1.14)	10 (0.42)	207 (8.41)
Tamaulipas	6 221 (78.07)	683 (8.58)	822 (10.32)	203 (2.55)	39 (0.49)	1 748 (21.93)
Tlaxcala	108 (26.66)	69 (17.04)	163 (40.14)	54 (13.3)	12 (2.85)	297 (73.34)
Veracruz	3 894 (54.08)	656 (9.11)	1407 (19.54)	728 (10.11)	516 (7.16)	3 306 (45.92)
Yucatán	4 344 (99.7)	10 (0.23)	3 (0.06)	1 (0.01)	(0)	13 (0.3)
Zacatecas	3 692 (50.01)	1 329 (18.01)	1810 (24.52)	468 (6.33)	84 (1.13)	3 691 (49.99)
<b>Nacional</b>	<b>113 567 (58.0)</b>	<b>21 451 (10.9)</b>	<b>40 130 (20.5)</b>	<b>15 343 (7.8)</b>	<b>5 434 (2.8)</b>	<b>82 358 (42.0)</b>

<sup>1</sup>La pérdida de suelo por erosión se expresa en toneladas de suelo por unidad de superficie (hectáreas) en un determinado tiempo (normalmente un año): Sin degradación aparente 0 - 5 ton/ha/año, Ligera 5 - 10 ton/ha/año, Moderada 10 - 50 ton/ha/año, Alta 50 - 200 ton/ha/año, Muy alta > 200 ton/ha/año.

**Fuente:**

Semarnat-UACH. *Evaluación de la pérdida de suelo por erosión hídrica y eólica en la República Mexicana, escala 1:1000 000.* México, 2002.

Finalmente, riesgos de erosión ligera (entre 5 y 10 ton/ha/año) se presentan en Aguascalientes (20.2%), Zacatecas (18%), Guanajuato (17.4%), Tlaxcala (17%) y San Luis Potosí (16.7%).

Los riesgos de pérdida de suelo por erosión potencial eólica se presentan en 89% del territorio

nacional, particularmente en la franja norte del país desde Zacatecas hasta el Norte de Chihuahua; asimismo, cubre la porción costera y el Desierto Sonorense, la costa del Golfo de California y la costa del Pacífico en Baja California Sur. Con excepción de los estados de Chiapas y el Distrito Federal, en el resto se presenta algún riesgo de erosión eólica

**Tabla 3.4 Erosión eólica potencial de suelos según nivel por entidad federativa, 2002**

Entidad federativa	Sin erosión aparente	Superficie (miles de hectáreas) y proporción (%)				
		Con erosión <sup>1</sup> eólica potencial				
		Ligera	Moderada	Severa	Muy severa	Total
Aguascalientes	0 (0)	40 (7.54)	131 (24.76)	344 (65.26)	13 (2.44)	527 (100)
Baja California	0 (0)	0 (0)	993 (13.89)	4 485 (62.72)	1 673 (23.39)	7 151 (100)
Baja California Sur	0 (0)	0 (0)	1 054 (14.26)	4 127 (55.81)	2 214 (29.93)	7 395 (100)
Campeche	1 923 (33.71)	386 (6.77)	1 886 (33.06)	1 509 (26.46)	0 (0)	3 781 (66.29)
Coahuila	0 (0)	0 (0)	1 798 (11.94)	8 911 (59.16)	4 352 (28.9)	15 062 (100)
Colima	99 (18.12)	19 (3.49)	238 (43.63)	190 (34.75)	0 (0)	448 (81.88)
Chiapas	5 202 (70.65)	362 (4.91)	1 556 (21.14)	243 (3.3)	0 (0)	2 161 (29.35)
Chihuahua	17 (0.07)	853 (3.47)	4 867 (19.79)	10 505 (42.71)	8 354 (33.96)	24 580 (99.93)
Distrito Federal	119 (78.16)	8 (5.01)	26 (16.83)	0 (0)	0 (0)	33 (21.84)
Durango	21 (0.17)	1 692 (13.78)	4 145 (33.75)	4 562 (37.16)	1 860 (15.14)	12 258 (99.83)
Guanajuato	218 (7.04)	346 (11.15)	2 440 (78.64)	98 (3.17)	0 (0)	2 885 (92.96)
Guerrero	220 (3.39)	533 (8.23)	2 363 (36.47)	3 158 (48.75)	205 (3.16)	6 259 (96.61)
Hidalgo	588 (28.44)	62 (2.98)	986 (47.69)	431 (20.88)	0 (0)	1 479 (71.56)
Jalisco	616 (7.79)	1 011 (12.79)	4 888 (61.81)	842 (10.65)	550 (6.96)	7 292 (92.21)
México	585 (27.29)	459 (21.44)	1 033 (48.23)	65 (3.04)	0 (0)	1 557 (72.71)
Michoacán	493 (8.41)	626 (10.68)	2 677 (45.69)	1 885 (32.17)	178 (3.05)	5 366 (91.59)
Morelos	65 (13.12)	6 (1.25)	370 (74.52)	55 (11.11)	0 (0)	431 (86.88)
Nayarit	703 (25.92)	624 (23.02)	1 382 (50.98)	2 (0.08)	0 (0)	2 008 (74.08)
Nuevo León	29 (0.45)	0 (0)	1 636 (25.26)	4 579 (70.73)	230 (3.55)	6 445 (99.55)
Oaxaca	1 947 (20.9)	958 (10.29)	3 490 (37.47)	2 342 (25.14)	578 (6.2)	7 368 (79.1)
Puebla	796 (23.3)	357 (10.46)	1 005 (29.42)	1 200 (35.14)	57 (1.68)	2 620 (76.7)
Querétaro	393 (32.47)	57 (4.68)	749 (61.82)	12 (1.03)	0 (0)	818 (67.53)
Quintana Roo	1 602 (40.88)	1 020 (26.01)	1 297 (33.1)	1 (0.02)	0 (0)	2 318 (59.12)
San Luis Potosí	305 (4.78)	134 (2.1)	1 575 (24.7)	2 501 (39.21)	1 863 (29.21)	6 073 (95.223)
Sinaloa	378 (6.48)	931 (15.96)	4 192 (71.84)	276 (4.72)	58 (1)	5 458 (93.52)
Sonora	0 (0)	4 (0.02)	3 457 (19.14)	6 381 (35.33)	8 218 (45.5)	18 061 (100)
Tabasco	570 (23.15)	323 (13.14)	1 297 (52.69)	271 (11.02)	0 (0)	1 891 (76.85)
Tamaulipas	1 357 (17.02)	292 (3.66)	3 008 (37.74)	2 629 (32.99)	684 (8.58)	6 612 (82.98)
Tlaxcala	116 (28.71)	115 (28.32)	63 (15.54)	111 (27.43)	0 (0)	289 (71.29)
Veracruz	1 836 (25.49)	820 (11.39)	2 490 (34.59)	2 055 (28.54)	0 (0)	5 365 (74.51)
Yucatán	1 384 (31.75)	715 (16.4)	2 010 (46.12)	250 (5.73)	0 (0)	2 974 (68.25)
Zacatecas	24 (0.33)	20 (0.27)	982 (13.3)	1 839 (24.91)	4 518 (61.19)	7 359 (99.67)
<b>Nacional</b>	<b>21 604 (11.0)</b>	<b>12 771 (6.5)</b>	<b>60 084 (30.7)</b>	<b>65 861 (33.6)</b>	<b>35 604 (18.2)</b>	<b>174 321 (89.0)</b>

<sup>1</sup>La pérdida de suelo por erosión se expresa en toneladas de suelo por unidad de superficie (hectáreas) en un determinado tiempo (normalmente un año): Sin degradación aparente 0 - 5 ton/ha/año, Ligera 5 - 10 ton/ha/año, Moderada 10 - 50 ton/ha/año, Alta 50 - 200 ton/ha/año, Muy alta > 200 ton/ha/año.

**Fuente:**

Semarnat-UACH. Evaluación de la pérdida de suelo por erosión hídrica y eólica en la República Mexicana, escala 1:1000 000. México. 2002.

en más del 60% de sus superficies. Los estados de Aguascalientes, Baja California, Baja California Sur, Coahuila y Sonora presentan afectaciones de prácticamente 100% (Tabla 3.4). Los estados que

presentan una mayor superficie donde la erosión eólica sería potencialmente muy severa (superior a 200 ton/ha/año) son Zacatecas (61.2%), Sonora (45.5%), Chihuahua (34%), Baja California Sur



(29.9%), San Luis Potosí (29.2%), Coahuila (28.9%) y Baja California (23.4%). Erosión eólica potencialmente severa (entre 50 y 200 ton/ha/año) se presentaría en grandes áreas de los estados de Nuevo León (70.7%), Aguascalientes (65.3%), Baja California (62.7%), Coahuila (59.2%) y Baja California Sur (55.8%). Riesgos de erosión eólica moderada (entre 10 y 50 ton/ha/año) se presentan en los estados de Guanajuato (78.6%), Morelos (74.5%), Sinaloa (71.8%), Querétaro y Jalisco (ambos con 61.8%). Finalmente, riesgos de erosión ligera (entre 5 y 10 ton/ha/año) se presentan en los estados de Tlaxcala (28.3%), Quintana Roo (26.0%), Nayarit (23%), México (21.4%) y Yucatán (16.4%) (Tabla 3.4).

### Zonas frágiles

Por su importancia biológica y por las amenazas que se ciernen sobre ellas, las zonas secas y las de

montaña fueron explícitamente reconocidas como ecosistemas frágiles en la Agenda 21, adoptada en la Cumbre de la Tierra de 1992. Ambos sistemas están representados ampliamente en México.

### Las montañas: un patrimonio común

Las montañas proporcionan recursos vitales para el desarrollo social y económico mundial, suministran productos y servicios ambientales esenciales tanto a nivel local como regional, tales como provisión de agua dulce, riego, energía hidroeléctrica, control de inundaciones, conservación de la diversidad biológica y turismo (Tabla 3.5). Los declives y desniveles son zonas de alta energía capaces de ser aprovechadas por el hombre, por ejemplo, mediante plantas hidroeléctricas, pero también pueden representar riesgos y causar desastres como deslaves o erosión rampante. En las montañas se presentan variaciones climáticas y de vegetación importantes a lo largo de

**Tabla 3.5 Numeralia montañesa en el mundo**

Dato	Cifra
Agua dulce disponible en las zonas áridas que procede de las montañas	70-95%
Agua dulce disponible en las zonas húmedas que procede de las montañas	30-60%
Agua dulce que tiene su origen en las montañas	80%
Altura que se requiere ascender para observar una variación climática equivalente a la que se observa tras recorrer 100 km de terreno plano	100 m
Años que se requieren para destruir la capa arable del suelo cuando el declive del terreno es del 25%	10
Áreas de alto endemismo de aves que se presentan en montañas	131 de 247
Bosques cerrados en zonas de montaña	28% del total mundial
Cultivos principales que fueron domesticados en montañas	6 de 20 (el maíz entre ellos)
Especies vegetales y animales en la Sierra Nevada de California	10 a 15 mil
Población mundial que depende del agua de las montañas	Más de la mitad
Ríos importantes que nacen en zonas de montaña	Todos
Superficie terrestre en zonas de montaña	24%

**Fuentes:**

- The Panos Institute. *High Stakes: The future of mountain societies*. Londres. 2002.
- FAO. *Año Internacional de las montañas*. Roma. 2000.
- FAO. *Todos somos gente de montaña*. S/F.
- Denniston, D. Overview: People and mountains. *People and planet* 5: 1-3. 1996.



pocos kilómetros siguiendo el gradiente altitudinal. Por lo general, las alturas de las cordilleras son áridas, aunque también los ecosistemas más lluviosos del planeta se encuentran en zonas montañosas. Las sierras más elevadas tienen climas muy fríos, por lo que los procesos biológicos son más lentos, situación que debe tomarse en cuenta al extraer recursos como leña o provocar deterioro del suelo, ya que la recuperación de este ecosistema es lenta o, incluso, irreversible; también los desastres naturales como terremotos, erupciones volcánicas o avalanchas, son más frecuentes en las cordilleras que en las tierras bajas. Lo anterior es sólo una muestra de las muchas razones que hacen que las montañas sean consideradas como ecosistemas frágiles.

La explotación inadecuada de los recursos naturales inevitablemente conduce a la degradación de los ecosistemas montañosos; en estas circunstancias, los beneficiarios (empresas y comunidades) y la gente que habita estos sitios enfrentan los altos costos de la degradación. A medida que se remueve la vegetación y se secan los acuíferos y pozos, se reduce la sostenibilidad de los embalses para generar energía hidroeléctrica y sostener el riego. Las escorrentías agrícolas afectan negativamente la calidad del agua ocasionando que el abasto a la población e industrias que lo requieren se vea seriamente comprometido. En las cadenas montañosas deforestadas, las inundaciones pueden volverse incontrolables después de abundantes lluvias. México, como muchos otros países, ha sufrido de este tipo de catástrofes, cuyos daños están valuados en muchos millones de pesos.

Debido al gran número de microambientes que se encuentran en las cordilleras, diferentes porciones de una misma sierra son el hábitat de especies biológicamente distintas. El aislamiento en el que viven estas especies ha promovido que muchas sean endémicas de regiones muy pequeñas. Los pueblos que habitan las montañas son comunidades que durante siglos han logrado aprovechar los recursos de las diferentes regiones y, en ocasiones, han desarrollado técnicas muy sofisticadas para poder explotar esos frágiles ecosistemas durante largos periodos.

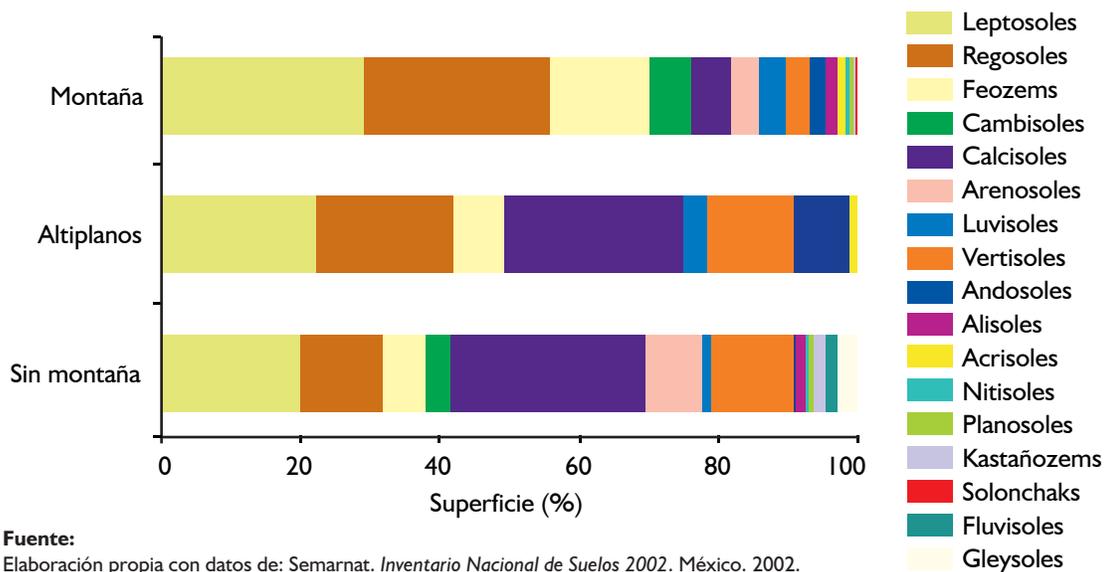
Las cordilleras poseen una infinidad de recursos. La construcción de obras de infraestructura como carreteras, túneles y puentes ha permitido que diferentes sociedades tengan acceso a inmensos almacenes de madera, agua (son la fuente de captación de agua más importante del planeta), electricidad, minerales (la mayor parte de las minas del mundo están en montes) y alimentos indispensables para su desarrollo (Denniston, 1996; FAO 2000; The Panos Institute, 2002).

En México, las montañas<sup>2</sup> cubren aproximadamente la mitad del territorio (cerca de 92 millones de hectáreas). Más de las tres cuartas partes del territorio de Guerrero, Oaxaca y Michoacán descansan en montes, aunque por su enorme extensión, los estados de Chihuahua y Durango dan cabida a más de una quinta parte de las montañas de México.

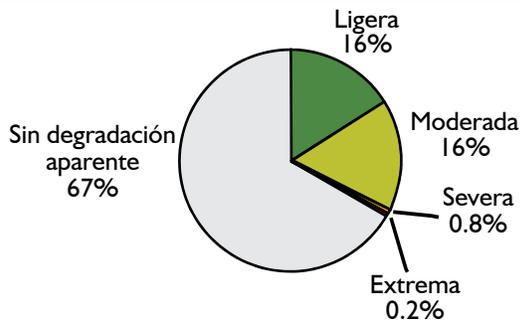
Los suelos que se encuentran en las montañas son principalmente leptosoles y regosoles. La causa principal de esto es el agua que fluye con gran energía por las laderas, lo que adelgaza los suelos de algunas zonas y los depositan en otras, formando leptosoles y regoles, respectivamente. El depósito de sedimentos también origina cambisoles y, cuando el sistema llega a estabilizarse, también feozems; ambas unidades de suelo se encuentran en mayor proporción en las montañas. Los andosoles, originados por erupciones, se restringen a las cercanías de los volcanes y son fácilmente erosionables, ya sea porque se trata de suelos muy someros, impermeables o poco consolidados (Figura 3.9).

En las montañas el 32% de las superficies presentan degradación ligera y moderada (Figura 3.10). Cerca del 67% de la erosión hídrica que ocurre en el país se presenta en las montañas (Mapa 3.7). Con respecto a la superficie de suelos degradados en las montañas, el 17% corresponde a erosión hídrica (con pérdida de suelo superficial, 15%; y con formación de cárcavas, 2%), el 12% a la degradación química y el 4% a la erosión eólica (Figura 3.11). El porcentaje de suelos sin degradación aparente (65%) es apenas menos que el porcentaje nacional (55%), quizá como resultado

**Figura 3.9 Unidades de suelo encontradas en montañas, altiplanos y zonas sin montaña en México**



**Figura 3.10 Degradación de suelos según nivel en las montañas de México, 2002**



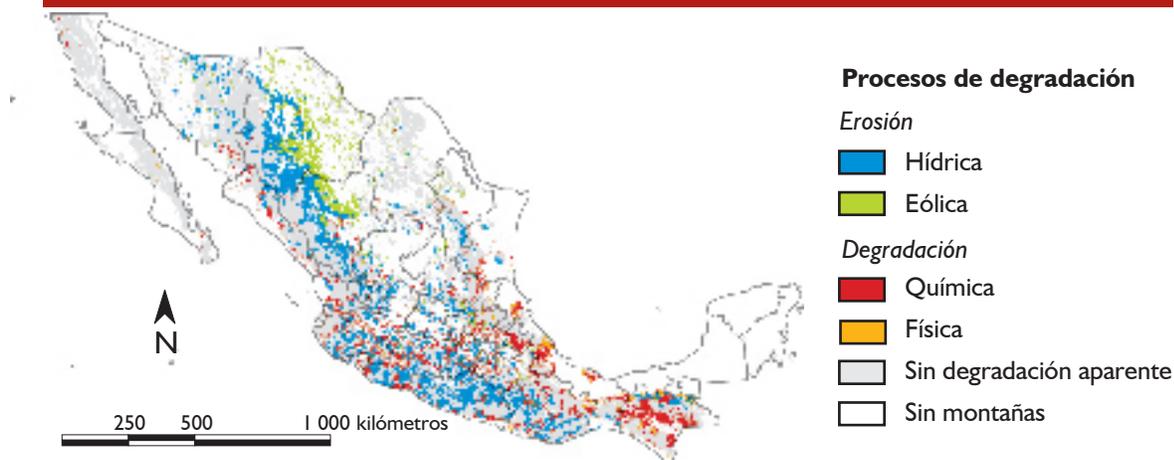
**Fuentes:**  
Elaboración propia con datos de: Semarnat. Colegio de Postgraduados. *Evaluación de la Degradación de los Suelos Causada por el Hombre en la República Mexicana, escala 1:250 000*. Memoria Nacional 2001-2002. México. 2003. INE. Dirección General de Investigaciones, Dirección General de Planificación, Desarrollo y Recuperación Ambiental y Dirección General de Investigaciones en Ordenamiento Ecológico y Conservación de Ecosistemas. México. 2002.

En México, como en otros países, las montañas son consideradas sistemas prioritarios para la conservación, no sólo por su valor biológico y de recursos hídricos, sino por la riqueza cultural que albergan, ya que más de 60 etnias viven en ellas. La Comisión Nacional Forestal (Conafor), a través del “Programa de Manejo Sustentable de Ecosistemas de Montaña”, busca la conservación de las áreas boscosas que protegen las cuencas hidrográficas, a través de las cuales se abastecen más de 33 millones de personas que viven en casi 100 ciudades principales vinculadas con estas montañas. El programa, con un enfoque orientado al desarrollo social sustentable de las cuencas hidrológicas forestales, definió 60 montañas prioritarias para asegurar la producción de agua, así como la captura de carbono (Mapa 3.8). Las montañas prioritarias representan el 8.4% del total de montañas del país y cerca del 7% de sus suelos presentan algún tipo de degradación con respecto a las montañas a nivel nacional.

Para enfrentar los retos que implica el deterioro de las montañas, en 2002 se celebró el Año Internacional de las Montañas. En el marco de esta celebración se promovió la colaboración entre los sectores privado y público elaborando programas de acción comunes con las comunidades de aguas arriba y abajo para salvaguardar los ecosistemas montañosos.

de la inaccesibilidad y escasa precipitación en algunas regiones, como la península de Baja California, la Sierra Tarahumara y la Selva Lacandona. Todas estas cordilleras son las menos alteradas y se caracterizan por su baja densidad poblacional hasta tiempos muy recientes.

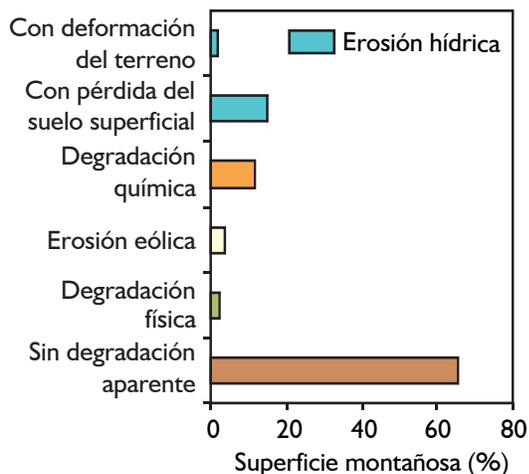
**Mapa 3.7 Procesos de degradación de suelos en las montañas de México, 2002**



**Fuentes:**

Elaboración propia con datos de: Semarnat. Colegio de Postgraduados. *Evaluación de la Degradación de los Suelos Causada por el Hombre en la República Mexicana, escala 1:250 000*. Memoria Nacional 2001-2002. México. 2003.  
 INE. Dirección General de Investigaciones, Dirección General de Planificación, Desarrollo y Recuperación Ambiental, y Dirección General de Investigaciones en Ordenamiento Ecológico y Conservación de Ecosistemas. México. 2002.

**Figura 3.11 Procesos de degradación de suelos en las montañas de México, 2002**



**Fuente:**

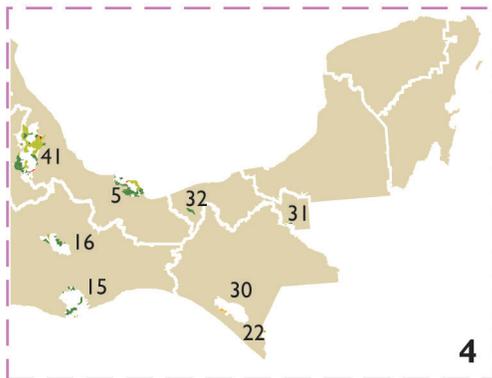
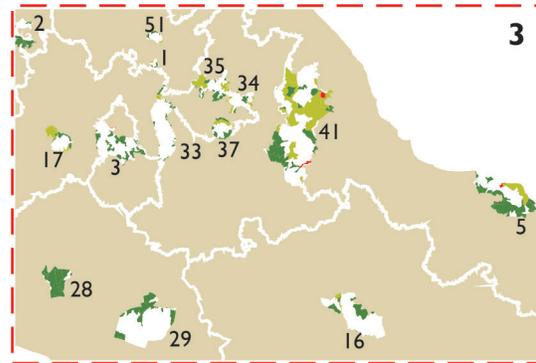
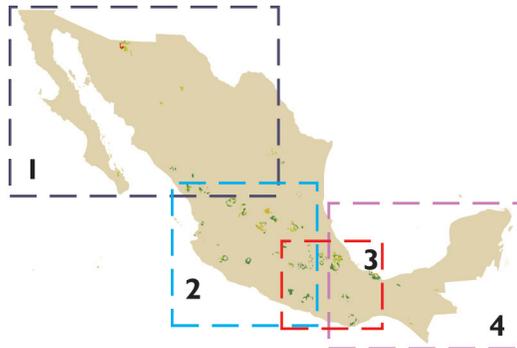
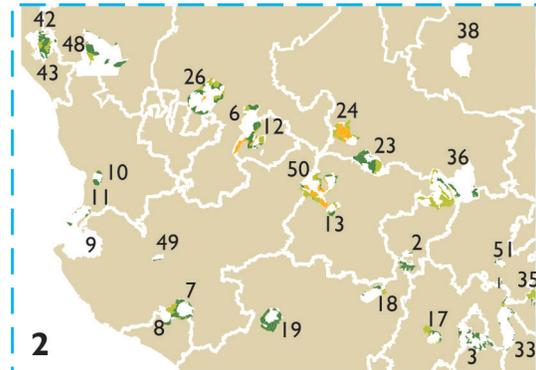
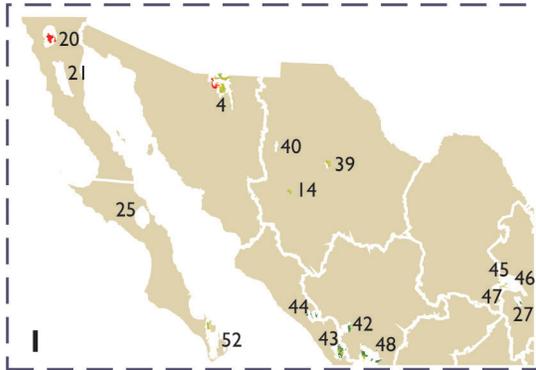
Elaboración propia con datos de: Semarnat. Colegio de Postgraduados. *Evaluación de la Degradación de los Suelos Causada por el Hombre en la República Mexicana, escala 1:250 000*. Memoria Nacional 2001-2002. México. 2003.  
 INE. Dirección General de Investigaciones, Dirección General de Planificación, Desarrollo y Recuperación Ambiental y Dirección General de Investigaciones en Ordenamiento Ecológico y Conservación de Ecosistemas. México. 2002.

**Zonas secas: la amenaza de la desertificación**

Al igual que los ambientes montañosos, los desiertos imponen condiciones sumamente difíciles para la vida. En este caso, las altas temperaturas y la falta de agua son los factores ambientales que deben sortear los seres vivos. La disponibilidad de agua de lluvia suele ser poco predecible, con años en los cuales no cae una gota de lluvia y otros con aguaceros torrenciales. De hecho, algunos desiertos americanos dependen para su mantenimiento de fenómenos climáticos como El Niño, que ocurre cada tres a siete años, y que acarrea la tan necesaria humedad hacia estas zonas. Durante los meses o años de sequía, muchos procesos biológicos se ven virtualmente detenidos. Los ritmos de la naturaleza son más bien pausados y no llegan a emparejarse con los acelerados tiempos del hombre. Antes de que el ecosistema pueda recuperarse de los impactos recibidos, nuevas actividades antrópicas se dan cita en el mismo lugar. Bajo estas condiciones extremas, no es extraño que las poblaciones ahí asentadas apenas consigan lo mínimo para sobrevivir. Cerca del 90% de los países con mayor superficie árida se encuentran en vías de desarrollo (ver **La amenaza de la desertificación a nivel mundial**).



**Mapa 3.8 Degradación de suelos en las montañas prioritarias de México bajo el Programa de Manejo Sustentable de Ecosistemas de Montaña, 2002**



**Degradación**

- Ligera
- Moderada
- Severa
- Sin degradación aparente
- Extrema

- |                           |                                 |                                    |
|---------------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| 1 Los Pitos               | 17 Nevado de Toluca             | 35 El Huintepetl                   |
| 2 Amealco                 | 18 San Andrés                   | 36 Cerro Grande                    |
| 3 Sierra de las Cruces    | 19 Tancitaro                    | 37 La Malinche                     |
| 4 La Calera-La Mariquita  | 20 Sierra de Juárez             | 38 El Cielo                        |
| 5 San Martín              | 21 San Pedro Mártir             | 39 La Tinaja Sierra Alta           |
| 6 Sierra Fría             | 22 Volcán Tacaná                | 40 El Cuatro                       |
| 7 Volcán Nevado de Colima | 23 El Sombrero                  | 41 Cofre de Perote-Pico de Orizaba |
| 8 Cerro Grande            | 24 San Miguelito                | 42 El Huehuento                    |
| 9 Manantlán               | 25 San Fernando                 | 43 Copala                          |
| 10 Cerro Alto             | 26 Los Cardos                   | 44 Vado Hondo                      |
| 11 Sierra de Vallejo      | 27 Sierra del Potosí            | 45 Sierra de Arteaga               |
| 12 El Muerto              | 28 Yextla                       | 46 Cumbres de Monterrey            |
| 13 El Cubilete            | 29 La Uña-Xochiatengo           | 47 Zapaliname                      |
| 14 Situriachi             | 30 El Triunfo                   | 48 Cerro Gordo                     |
| 15 Quiexobee              | 31 Boca del Cerro               | 49 Sierra de Quila                 |
| 16 La Peña de San Felipe  | 32 Las Flores - Las Golondrinas | 50 Sierra de Lobos                 |
|                           | 33 Izta-Popo-Zoquiapan          | 51 El Chico                        |
|                           | 34 San Gabriel                  | 52 Sierra La Laguna                |

**Fuente:**

Elaboración propia con datos de: Semarnat. Colegio de Postgraduados. *Evaluación de la Degradación de los Suelos Causada por el Hombre en la República Mexicana*, escala 1:250 000. Memoria Nacional 2001-2002. México. 2003.

## La amenaza de la desertificación a nivel mundial

En las zonas secas, la cantidad de lluvia que cae es menor que la que potencialmente se evapora hacia la atmósfera. A partir de la razón entre la precipitación y la evapotranspiración potencial, puede clasificarse una zona como susceptible de desertificarse si el cociente se encuentra entre 0.05 y 0.65. Dentro de este intervalo están las regiones áridas, semiáridas y subhúmedas secas. Alrededor de una tercera parte del planeta está dentro de estas categorías.

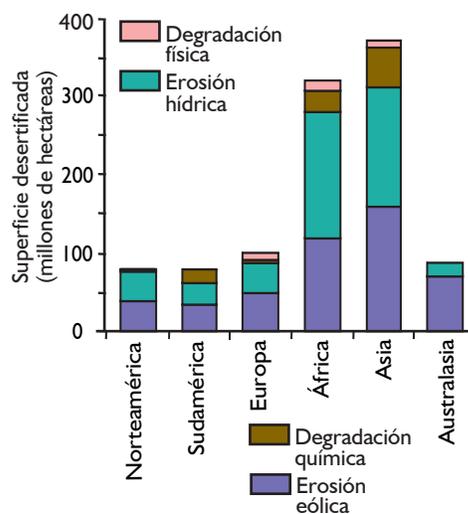
Las estimaciones sobre la magnitud de la desertificación son muy diferentes. El documento "Con los pies en la tierra", publicado por el Secretariado de la Convención de Naciones Unidas contra la Desertificación (UNCCD), sugiere cifras que duplican o cuadruplican aquellas del Atlas mundial de la desertificación, elaborado por el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Los datos que se presentan en la **Figura a** son algunos de los más conservadores.

El 20% de las zonas susceptibles a la desertificación en el mundo ya han sido degradadas, lo que equivale aproximadamente a la superficie de China. Alrededor del 70% de las tierras de cultivo en zonas secas se ha desertificado, dejando sin alimentación a millones de personas. Anualmente, 12 millones de hectáreas de campos agrícolas se pierden, dejando de producir millones de toneladas de granos que podrían aliviar de hambre a muchos países. Las hambrunas recurrentes en África son resultado de la degradación de los suelos agrícolas y de los periodos de sequía. Se estima que al menos unas 500 mil personas se han convertido en refugiados ecológicos y unos mil millones más están amenazadas en mayor o menor grado por la desertificación.

En el mundo, mil 35 millones de hectáreas sufren de la desertificación provocada por el hombre. De éstas, dos terceras partes se encuentran en África y Asia. Aunque las estimaciones para los países americanos son considerablemente menores, la diferencia se encuentra en que las zonas áridas no son tan extensas en el nuevo mundo. De acuerdo con la UNCCD, cuando se evalúa el deterioro en forma proporcional a la extensión de las zonas susceptibles, las zonas desertificadas en todos los continentes ocupan entre el 71 y 75% de las zonas secas.

Las causas más importantes de desertificación son la erosión hídrica (45% de los casos) y la eólica (42%). La primera se presenta en las zonas semiáridas y subhúmedas secas, mientras que la segunda es característica de las regiones áridas. La erosión química, predominantemente por salinización, es responsable de otro 10%.

**Figura a. Desertificación en los diferentes continentes según la forma de degradación del suelo**



**Fuente:**  
GEF-IFAD. *Tackling Land Degradation and Desertification*.  
Roma. 2002.



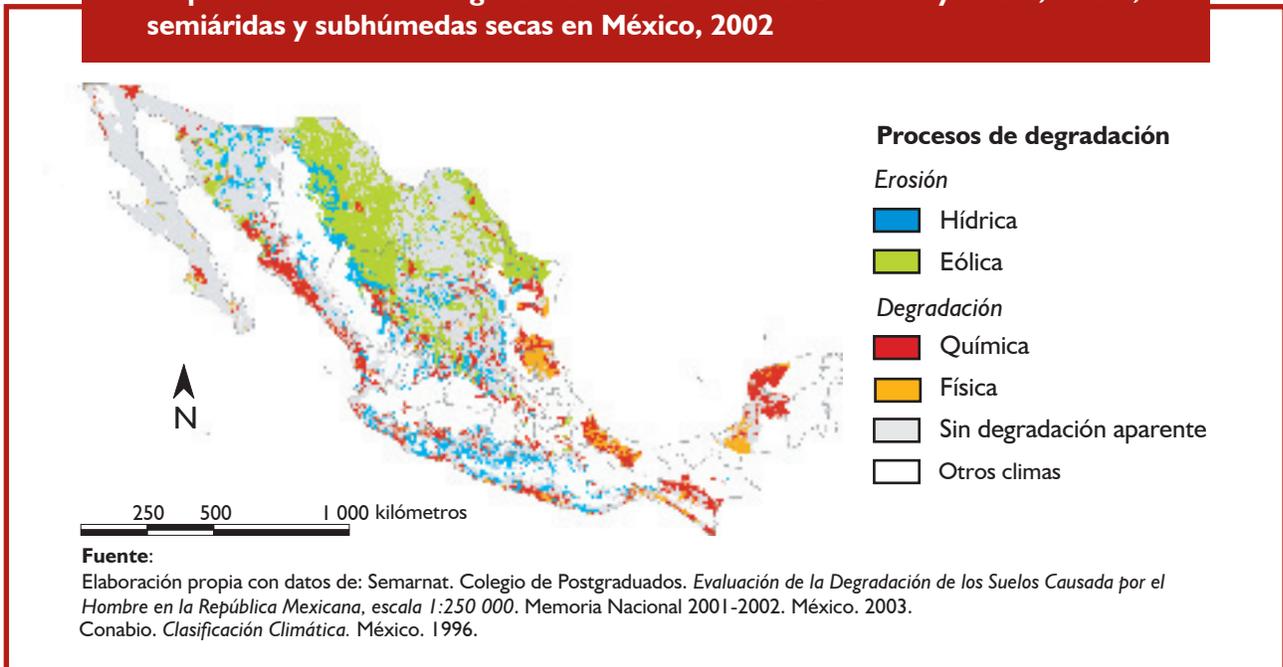
La variabilidad en la disponibilidad de agua y, con ello, biomasa vegetal, hacen que el mantenimiento de los sistemas productivos sea un problema. Las formas de explotación que pueden parecer adecuadas en un momento dado, se vuelven depredadoras en otro debido a la variabilidad climática. Típicamente, los pastores tienen tantos animales como se los permite el ambiente, pero cuando sobreviene una sequía natural, el mismo ganado ya no encuentra suficiente alimento y explota el poco que queda de manera excesiva. Si la sequía es prolongada, es muy probable que cuando regresen las lluvias, el sistema haya sido alterado tan fuertemente que ya no se recupere, dirigiendo inevitablemente el sistema a una situación de cada vez mayor degradación. Como resultado de estos factores puede producirse la desertificación, entendida como la degradación de la tierra en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas como resultado de diversos factores, incluyendo las variaciones climáticas y las actividades humanas. Aquí, la palabra «tierra» se refiere tanto a los suelos como a los organismos que habitan en ellos, además de comprender los ciclos hidrológicos y ecológicos que ahí tienen lugar (Convención de Naciones Unidas contra la Desertificación).

En México, las zonas muy áridas, áridas, semiáridas y subhúmedas secas ocupan cerca de 128 millones de hectáreas, es decir, más de la mitad del país. De esta superficie, alrededor del 44% presenta algún tipo de degradación en sus suelos (Mapa 3.9).

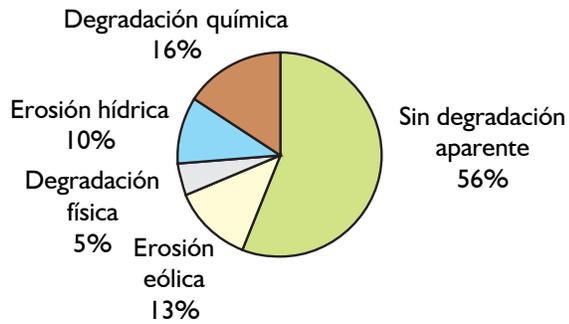
En las zonas muy áridas, áridas, semiáridas y subhúmedas secas, la degradación química abarca el 16%, le sigue la erosión eólica con el 13% y la erosión hídrica con un 10% (Figura 3.12). La degradación física corresponde sólo al 5% de la superficie de estas zonas. La mayor parte de los suelos de estas zonas muestran degradación ligera y moderada. (Figura 3.13).

Las zonas muy áridas, áridas, semiáridas y subhúmedas secas que no presentan problemas de desertificación se encuentran en el centro del Desierto Chihuahuense (cerca de la confluencia de los estados de Chihuahua, Coahuila y Durango), el Gran Desierto de Altar, al noroeste de Sonora, y la península de Baja California. La erosión hídrica se concentra en las faldas de las serranías, mientras que la erosión eólica en las grandes planicies de Zacatecas, Durango y Chihuahua (Mapa 3.9).

**Mapa 3.9 Procesos de degradación de suelos en las zonas muy áridas, áridas, semiáridas y subhúmedas secas en México, 2002**



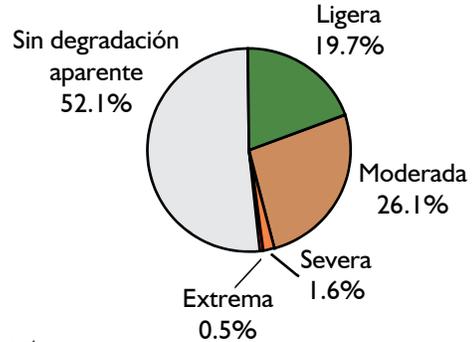
**Figura 3.12 Principales procesos de degradación de suelos en las zonas muy áridas, áridas, semiáridas y subhúmedas secas de México, 2002**



**Fuentes:**

Elaboración propia con datos de: Semarnat. Colegio de Postgraduados. *Evaluación de la Degradación de los Suelos Causada por el Hombre en la República Mexicana, escala 1:250 000*. Memoria Nacional 2001-2002. México. 2003. Conabio. *Clasificación Climática*. México. 1996.

**Figura 3.13 Degradación de suelos según nivel en las zonas muy áridas, áridas, semiáridas y subhúmedas secas de México, 2002**



**Fuentes:**

Elaboración propia con datos de: Semarnat. Colegio de Postgraduados. *Evaluación de la Degradación de los Suelos Causada por el Hombre en la República Mexicana, escala 1:250 000*. Memoria Nacional 2001-2002. México. 2003. Conabio. *Clasificación Climática*. México. 1996.

**Factores asociados a la degradación del suelo**

La cantidad y velocidad con la que el viento y el agua remueven el suelo depende de la vegetación que lo cubre. En un bosque denso, el aire se mueve mucho más despacio y las raíces forman una red que afianza la tierra contra el paso del agua. Las plantas y los animales que viven en el subsuelo remueven la tierra y la mantienen porosa, de modo que el agua se infiltra en vez de correr por la superficie provocando erosión. En otros casos, los árboles transpiran el agua excesiva contenida en el suelo que pudiera causar gleyzación o salinización. Por todo esto, la vegetación y el uso del suelo tienen una importancia capital para evitar que se generen procesos de degradación del mismo.

Las selvas en sus diferentes grados de conservación son el tipo de vegetación que se encuentra localizada en los suelos que presentan mayor deterioro; más del 50% de su superficie se encuentra afectada por la degradación química y física. Los suelos de pastizales naturales y matorrales al encontrarse primordialmente en regiones áridas, están más afectados por erosión eólica. Los bosques también sufren un deterioro importante en sus

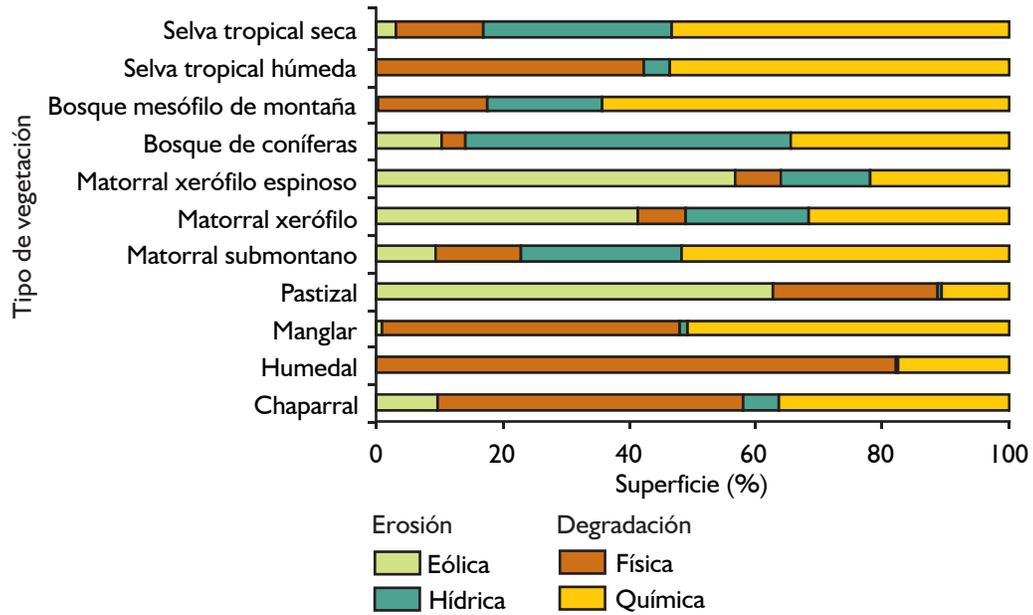
suelos, probablemente debido a que muchos de ellos se encuentran en zonas de montañas donde la erosión hídrica tiene un papel importante; 22.8% de los suelos cubiertos por bosques de coníferas tienen este problema, mientras que los bosques mesófilos remanentes están considerablemente menos afectados (5.6%). La degradación química también se presenta en una proporción importante en los suelos de bosques (Figura 3.14).

El deterioro de los suelos es más grave conforme se intensifican las actividades humanas. En los terrenos donde se sustituyó la vegetación primaria con secundaria frecuentemente se encuentran más superficies degradadas y con mayor intensidad; de acuerdo con los datos de degradación del suelo y cobertura vegetal del año 2002, 80% de la superficie donde están asentados los bosques secundarios presentan degradación. Las tierras empleadas de manera intensiva por el hombre –aquellas que se destinan a actividades agropecuarias, incluyendo a los pastizales naturales que son agostaderos casi en su totalidad– también presentan suelos muy degradados (Figura 3.15).

Las tierras de agricultura de temporal son las más afectadas por la degradación (Figura 3.15). Quizá



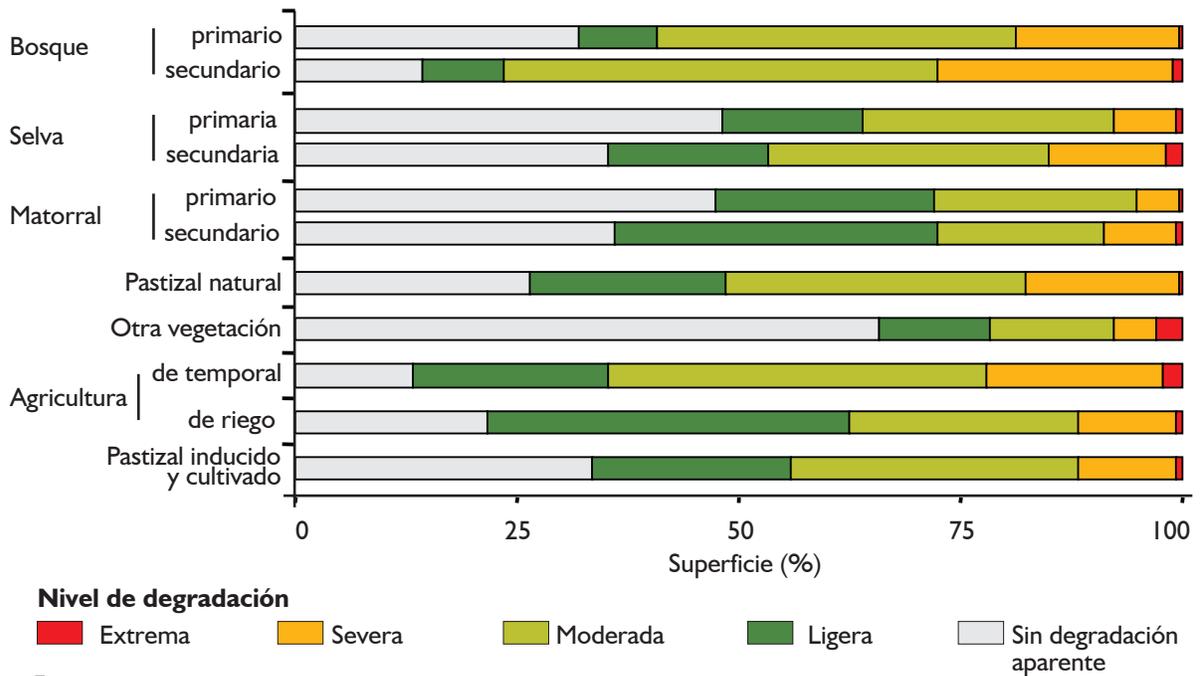
**Figura 3.14 Degradación de los suelos por tipo de vegetación en México, 2002**



**Fuente:**

Semarnat. Colegio de Postgraduados. *Evaluación de la Degradación de los Suelos Causada por el Hombre en la República Mexicana*, escala 1:250 000. Memoria Nacional 2001-2002. México. 2003.

**Figura 3.15 Degradación de suelos según su uso en México**



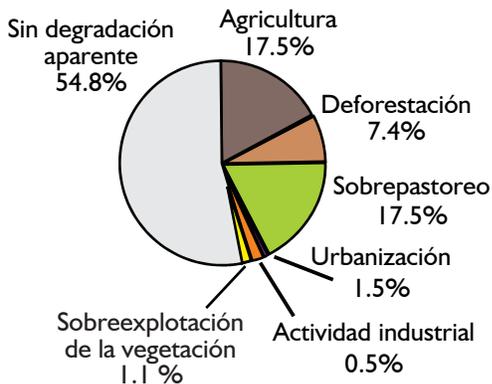
**Fuente:**

Semarnat. *Inventario Nacional de Suelos 2002*. México. 2002.



esto se debe a fenómenos inherentes al sistema, como el lapso en el cual el suelo permanece sin vegetación en la temporada de secas. Además, en muchos casos la agricultura de temporal se practica en sitios con fuertes pendientes, lo que no ocurre en el caso de la de riego.

**Figura 3.16 Principales procesos de degradación de suelos en México, 2002**



**Fuente:**

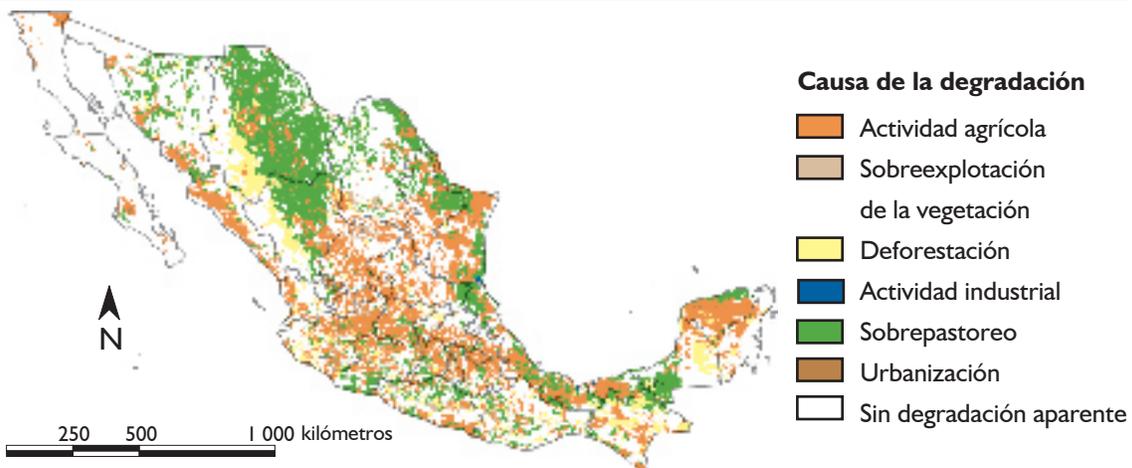
Semarnat. Colegio de Postgraduados. *Evaluación de la Degradación de los Suelos Causada por el Hombre en la República Mexicana, escala 1:250 000. Memoria Nacional 2001-2002. México. 2003*

Las principales causas de degradación en México son el cambio de uso del suelo hacia la agricultura y el sobrepastoreo (ambas con 17.5%). La deforestación ocupa el tercer lugar con 7.4%, seguida de la urbanización (1.5%) (Figura 3.16, Mapa 3.10). Todos estos procesos tienen que ver con la reducción de la cubierta vegetal, responsable de la conservación del suelo. En el decenio de 1993 a 2003, la superficie agrícola creció 8.5% (Figura 3.17), agravando los procesos de degradación. La superficie ganadera con sobrepastoreo correspondió al 24% de la superficie nacional (Figura 3.18).

Diferentes áreas sufren procesos característicos. Por ejemplo, en las montañas el crecimiento de la deforestación (9.47%) es más importante que a escala nacional (7.4%) (Figura 3.19). Las diferencias en la ocupación se manifiestan en el sur campesino por el crecimiento de la frontera agropecuaria y en el norte industrial por la deforestación. En los desiertos, el sobrepastoreo (23.9%) es la principal causa de deterioro del suelo (Figura 3.20)

La degradación del suelo es el resultado de factores ambientales, sociales y económicos (e. g., topografía, uso del suelo, sobrepastoreo,

**Mapa 3.10 Principales causas de la degradación de suelos en México, 2002**

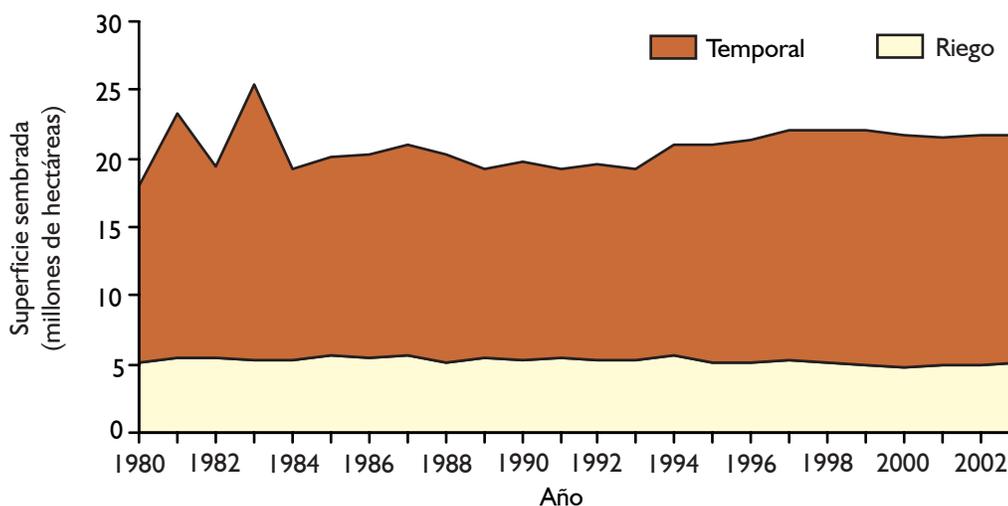


**Fuente:**

Elaboración propia con datos de: Semarnat. Colegio de Postgraduados. *Evaluación de la Degradación de los Suelos Causada por el Hombre en la República Mexicana, escala 1:250 000. Memoria Nacional 2001-2002. México. 2003.*

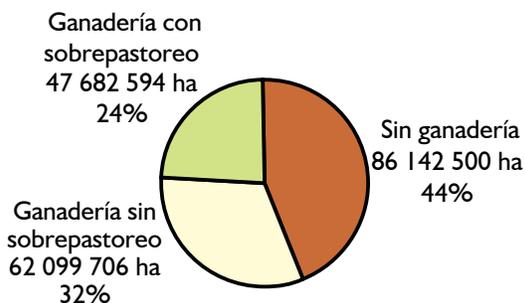


**Figura 3.17 Superficie agrícola sembrada en México, 1980-2003**



Fuente: Sagarpa-SIAP. Sistema de Información Agropecuaria de Consulta (SIACON 2004). México. 2004.

**Figura 3.18 Sobrepastoreo en México, 2002**



Fuente: Semarnat. Colegio de Postgraduados. *Evaluación de la Degradación de los Suelos Causada por el Hombre en la República Mexicana, escala 1:250 000*. Memoria Nacional 2001-2002. México. 2003

densidad poblacional, pobreza de sus habitantes, etc.). Las entidades con mayor desarrollo tienen menos suelos deteriorados. El cambio de uso del suelo genera deterioro, pero éste se acelera en montañas o en presencia de sobrepastoreo. Así, la degradación del suelo en las montañas podría incrementarse en el futuro. La población rural se está reduciendo y la emigración es particularmente alta en varias regiones de la Sierra Madre del Sur.

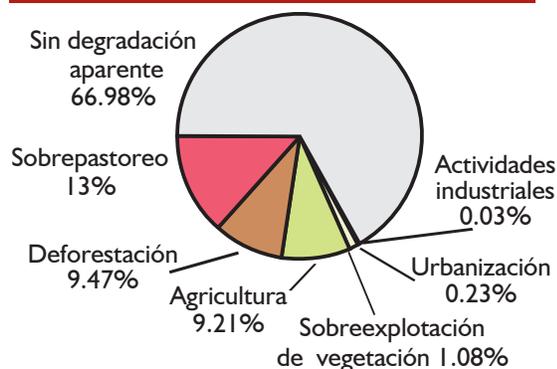
Sin embargo, la inercia histórica del uso del suelo sugiere que la frontera agropecuaria (por lo menos tierras que se desmontan aunque no se cultiven permanentemente) podría seguir creciendo a pesar de la disminución de la población en el campo.

### Gestión

#### Conservación y restauración de suelos

Para hacer frente al deterioro de los recursos naturales, sin duda la mejor alternativa es utilizarlos bajo el enfoque del desarrollo sustentable, el cual, además de la satisfacción de las necesidades humanas, implica la sostenibilidad ambiental. Sin embargo, hacerlo realidad y llevarlo a la práctica no es fácil, ya que además del componente ambiental, existen una serie de factores sociales, económicos y políticos que hacen difícil eliminar las causas socioeconómicas que promueven la degradación de los suelos (por ejemplo, la pobreza). Impulsar el desarrollo del sector rural, fortalecer una ética de la tierra, mejorar los servicios de divulgación y del acceso a tecnología adecuada y asequible, asistencia en la comercialización y la superación de los obstáculos al comercio son algunas de los elementos necesarios para lograr un manejo sostenible del

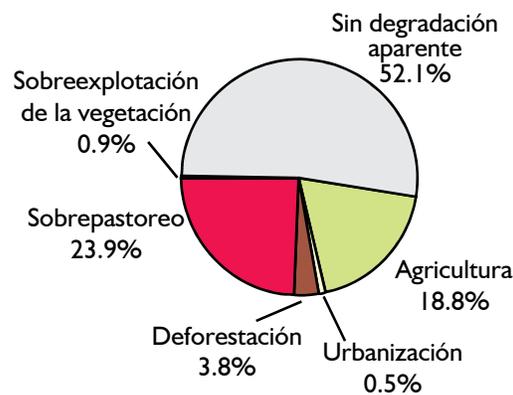
**Figura 3.19 Principales causas de degradación de suelos en las montañas de México, 2002**



**Fuentes:**

Elaboración propia con datos de: Semarnat. Colegio de Postgraduados. *Evaluación de la Degradación de los Suelos Causada por el Hombre en la República Mexicana, escala 1:250 000*. Memoria Nacional 2001-2002. México. 2003. INE. Dirección General de Investigaciones, Dirección General de Planificación, Desarrollo y Recuperación Ambiental, y Dirección General de Investigaciones en Ordenamiento Ecológico y Conservación de Ecosistemas. México. 2002.

**Figura 3.20 Principales causas de degradación de suelos en las zonas muy áridas, áridas, semiáridas y subhúmedas secas de México, 2002**



**Fuentes:**

Elaboración propia con datos de: Semarnat. Colegio de Postgraduados. *Evaluación de la Degradación de los Suelos Causada por el Hombre en la República Mexicana, escala 1:250 000*. Memoria Nacional 2001-2002. México. 2003. Conabio. *Clasificación Climática*. México. 1996.

suelo. No obstante, es importante enfatizar que para lograr un manejo adecuado de los suelos, los programas de conservación de suelos deberán estar formulados con base en las premisas que imponen las condiciones específicas de cada región del país.

Como parte del acceso a la información sobre la situación de nuestras tierras, en la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable está contenida, la elaboración de inventarios de suelos, además de un conjunto de normas para ello. Esta Ley permite la compatibilidad entre inventarios y con ello, la posibilidad de hacer comparaciones temporales está garantizada, ya que los procedimientos para medir algunas propiedades del suelo (e.g., fertilidad y salinidad) están bien establecidos. El marco normativo también contempla algunas acciones para la conservación y restauración de suelos.

El deterioro de los suelos en México afecta a numerosos componentes del medio social y natural, por lo que su gestión involucra varias instancias: Semarnat, Sagarpa, Sedesol, CNA, además de algunas organizaciones internacionales como la FAO e instituciones académicas y civiles. La larga

experiencia acumulada en los esfuerzos por proteger los suelos alrededor del mundo ha dado como resultado que los enfoques sobre la conservación de los suelos hayan cambiado de esquemas. Antes solían concentrarse en las protecciones mecánicas, tales como bordos y terrazas, en buena medida para reducir la escorrentía mientras que ahora se prefiere una aproximación que enfatiza el uso de métodos biológicos de conservación que incluyen la integración de la conservación del agua y la protección del suelo a través del manejo de las relaciones suelos-planta-agua, así como la reducción de la alteración del suelo a través de la labranza (PNUMA-Earthscan, 2002).

México poco a poco se ha incorporado a esta tendencia. Tomando en cuenta que el uso del suelo y la cobertura vegetal están vinculados estrechamente con el deterioro del suelo, varios de los programas reseñados en el Capítulo 2 **Vegetación y uso del suelo** tienen componentes ligados a la protección del terreno. De la misma manera, los programas orientados para atender el problema de la degradación de los recursos edáficos contemplan acciones relacionadas con el uso del suelo y su

## Programas Institucionales para la Conservación y Rehabilitación de Suelos

Programa	Objetivos	Acciones
Programa Integral de Agricultura Sostenible y Reconversión Productiva en Zonas de Siniestralidad Recurrente	Promover actividades que permitan la recuperación y conservación de los suelos a través del establecimiento de sistemas productivos acordes a la vocación natural de cada región. Esto implica la transformación de plantíos de plantas anuales hacia cultivos perennes, forestales, silvo-agropecuarios y de integración agropecuaria. Se da especial énfasis a los sistemas con sequía recurrente y se otorga financiamiento a proyectos.	Conservación de suelos y agua, cultivos de cobertura y abonos verdes, enriquecimiento de acahuales, agroforestería, mejoramiento de agostaderos, prevención y combate a los incendios forestales.
Programa de Manejo de Tierras en la modalidad de proyectos ecológicos	Promover los programas de manejo de tierras (PMT) como instrumento de planeación de manejo sustentable del suelo a nivel de parcela, así como cambios en los sistemas productivos que combinen la optimización de los ingresos y rendimientos con la conservación, mejoramiento y restauración de los suelos.	Aplicación de prácticas previamente validadas en centros piloto y en microcuencas.
Restauración Compensatoria por Cambio de Uso del Suelo	Contribuir a recuperar e incrementar la capacidad productiva de las áreas degradadas por prácticas agropecuarias, mediante la restauración y conservación.	Concretar compromisos con los promoventes de autorizaciones de uso de suelo para la restauración y la conservación de suelos en áreas degradadas.
Programa Nacional de Suelos Forestales (superficie restaurada y protegida)	Diseñar e impulsar políticas y acciones que contribuyan a prevenir y frenar la degradación de los suelos forestales, mediante la instrumentación de obras y prácticas para la protección, conservación, restauración y mejoramiento de los suelos forestales en beneficio de los dueños y poseedores de la tierra en particular y del país en general.	Ejecución de programas que permitan evitar el deterioro del suelo, rehabilitarlos y aprovecharlos según lo dicte su capacidad de uso con base a la información disponible en sistemas modernos y eficientes de manejo de información sobre suelos forestales.

### Fuentes:

- Sagarpa. Dirección de incentivos a la inversión rural. México. 2004.  
 Sagarpa. *Cuarto Informe de Labores*. México. 2004.  
 Semarnat. Subsecretaría de Fomento y Normatividad Ambiental. Dirección General del Sector Primario y Recursos Naturales Renovables. Dirección de Agricultura y Ganadería. México. 2004.  
 Semarnat. Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos. México. 2004.  
 Semarnat. Conafor. Gerencia de Suelos. México. 2004.

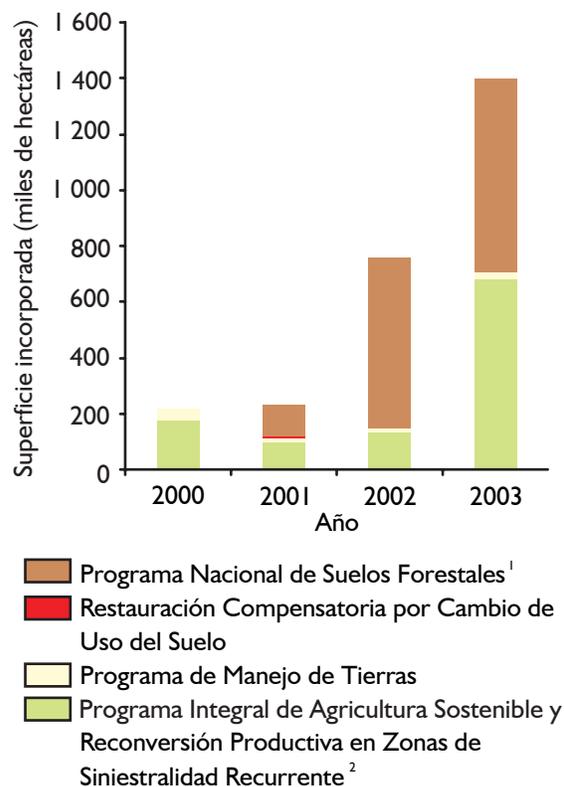


reconversión. El objetivo de los programas es básicamente lograr la reorientación de la producción hacia sistemas que preservan una cubierta vegetal perenne (ver **Programas Institucionales para la Conservación y Rehabilitación de Suelos**). Los programas contemplan simultáneamente instrumentos mecánicos, como las terrazas, bordos y drenes, métodos biológicos, como el control de la deforestación, la reforestación, la revegetación o la reconversión productiva hacia sistemas acordes con la vocación natural del terreno.

Dentro de los Programas Institucionales, el Programa de Suelos Forestales y el Programa Integral de Agricultura Sostenible y Reconversión Productiva en Zonas de Siniestralidad Recurrente (Piasre) han sido los más importantes en términos de la superficie atendida. En el periodo 2000-2003, el primero incorporó poco más de 1.2 millones de hectáreas, mientras que el segundo casi 1.1 millones. El resto de los programas atendió una superficie considerablemente menor (Figura 3.21).

Considerando que las tierras de temporal son las más degradadas en el país, desde hace más de 20 años se desarrolla un Programa dirigido a los Distritos de Temporal Tecnificado (DTT, también llamados Distritos de Drenaje). Estos Distritos son terrenos donde se practica la agricultura de temporal y han sido objeto de obras hidráulicas para frenar la acción erosiva del agua, ya que están localizados en zonas de alta precipitación o bien en las cuencas medias y altas que aportan grandes cantidades de sedimentos. Tradicionalmente los DTT han dependido de manera importante de drenes, represas y bordos que encauzan la escorrentía; en la actualidad se da paso a los métodos biológicos. En el país existen 16 DTT establecidos por el poder federal más 2 estatales (en Chiapas, por ejemplo, en conjunto suman una superficie de 2.45 millones de hectáreas y benefician a 83 mil 723 productores). La mayoría de los DTT están localizados a lo largo de la Sierra Madre Oriental, la Sierra Madre de Chiapas y la Península de Yucatán (Mapa 3.11).

**Figura 3.21 Programas Institucionales para la Conservación y Rehabilitación de Suelos, 2000-2003**



**Notas:**

<sup>1</sup> Este programa inició en 2001, por lo que se presenta vacía la celda correspondiente en 2000.

<sup>2</sup> Este programa en el 2003 cambió de nombre de "sequía" a "siniestralidad", con el fin de ampliar la cobertura a los daños ocasionados por fenómenos climatológicos como lluvias, heladas, sequías, huracanes, etc.

**Fuentes:**

Sagarpa. Dirección de incentivos a la inversión rural. México. 2004.

Sagarpa. *Cuarto Informe de Labores*. México. 2004.

Semarnat. Subsecretaría de Fomento y Normatividad Ambiental. Dirección General del Sector Primario y Recursos Naturales Renovables. Dirección de Agricultura y Ganadería. México. 2004.

Semarnat. Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos. México. 2004.

Semarnat. Conafor. Gerencia de Suelos. México. 2004.

Las zonas secas también han sido objeto de atención por diferentes instancias y programas. México fue el primer país en ratificar la Convención de Naciones Unidas para la Lucha Contra la Desertificación (UNCCD) en 1995, año en el cual



**Mapa 3.11 Ubicación de los distritos federales de temporal tecnificado (DTT), 2001**



**Tabla 3.6 Diferentes instituciones e instancias que participan en la lucha contra la desertificación**

Instituciones e instancias	Acciones
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat)	Concientización y comunicación
Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa)	Conservación de suelos y aguas
Secretaría de Desarrollo Social (Sedesol)	Lucha contra la pobreza
Comisión Nacional del Agua (CNA)	Reconversión productiva
Conafor (Programa de Conservación y Restauración de Ecosistemas Forestales; (Procoref)	Diversificación de la producción
Conafor (Programa Nacional de Plantaciones Forestales Comerciales; (Prodeplan)	Descentralización
Fideicomiso de Riego Compartido (Firco)	Rehabilitación de praderas Tratamiento de suelos salinos

ya se contaba con un Plan Nacional de Acción contra la Desertificación (PACD). Alrededor de este Plan se congregaron diferentes instancias de gobierno, la comunidad internacional y la sociedad civil. A pesar de ello, diversas limitantes presupuestales han impedido implementar plenamente los objetivos del PACD, por lo que se ha decidido trabajar a través de otras iniciativas para ver cumplidas sus metas:

el Programa de Suelos Forestales y el Programa Integral de Agricultura Sostenible y Reconversión Productiva en Zonas de Siniestralidad Recurrente (Piasre), por ejemplo, tiene programas especiales para la reconversión productiva en zonas áridas. Otras instancias han dado lugar a la lucha contra la desertificación a través de diferentes acciones (Tabla 3.6).



## Referencias

Denniston, D. Overview: people and mountains. *People and planet* 5: 1-13. 1996.

Doran, J. W. Methods for assessing soil quality. En: J.W. Doran and Alice J. Jones (Eds.). *SSSA Special Publ.* 49. Soil Science Society of America Inc. Madison, WI. 1996.

FAO. *Año Internacional de Montañas*. FAO. Roma. 2000.

GACGC. *World in transition: the threat to soils. Annual report*. German Advisory Council on Global Change. Economica Verlag. Bonn. 1994.

GEF-IFAD. *Tackling land degradation and desertification*. GEF. Roma. 2002.

PNUMA-Earthscan. *Global Environment Outlook 3*. PNUMA. Nairobi. 2002.

Semarnat, Colegio de Postgraduados. *Evaluación de la Degradación de los Suelos Causada por el Hombre en la República Mexicana, escala 1:250 000*. Memoria Nacional 2001-2002. México. 2003.

Semarnat, UACH. *Evaluación de la pérdida de suelo por erosión hídrica y eólica en la República Mexicana a escala 1: 1 000 000*. Semarnat. México. 2002.

The Panos Institute. *High-Stakes: the future of mountain societies*. The Panos Institute. Londres. 2002.