

Capítulo 2. Vegetación y uso del suelo

Capítulo 2. Vegetación y uso del suelo



Uso actual del suelo

A lo largo del territorio nacional se distribuye una gran diversidad de comunidades vegetales naturales como los bosques, selvas, matorrales y pastizales, junto con amplios terrenos dedicados a actividades agrícolas, ganaderas, acuícolas y zonas urbanas. A las diferentes formas en que se emplea un terreno y su cubierta vegetal se les conoce como “uso del suelo”.

En los lugares donde no ha habido modificación o ésta ha sido ligera, el suelo sigue cubierto por la vegetación natural y se le considera como primaria; en contraste, si ha ocurrido alguna perturbación considerable y se ha removido parcial o totalmente la cubierta vegetal primaria, la vegetación que se recupera en esos sitios se conoce como secundaria y puede ser estructural y funcionalmente muy diferente a la original. El caso extremo de transformación es cuando se elimina por completo la cubierta vegetal para dedicar el terreno a actividades agrícolas, pecuarias o zonas urbanas; éstas se conocen como coberturas antrópicas.

La superficie del país está cubierta por cuatro formaciones vegetales principales: bosques y selvas en los que predominan formas de vida arbórea; los primeros generalmente localizados en regiones templadas y las segundas en zonas con clima tropical (también se les conoce como bosques tropicales) y mucho más ricas en especies. Otra cubierta vegetal muy extendida en el país son los matorrales que se localizan principalmente en zonas secas o semisecas y tienen como componente dominante a los

arbustos. Por último, los pastizales se caracterizan por estar dominados por plantas de porte herbáceo, generalmente pastos y se localizan sobre todo en el centro norte del país (ver *Vegetación de México*). Otros tipos de vegetación también presentes en el país aunque en mucha menor proporción y restringidos frecuentemente a condiciones ambientales muy específicas son los manglares y la vegetación halófila y gipsófila.

La evaluación más reciente de la superficie ocupada por las diferentes formas de uso del suelo en México es la *Carta de uso actual del suelo y vegetación Serie III* elaborada por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) y que describe el estado de la cubierta vegetal del país al año 2002.

De acuerdo con esta carta, en el 2002, 72.58% del país aún estaba cubierto por comunidades naturales en diferentes grados de conservación; el restante había sido convertido a terrenos agrícolas, ganaderos, urbanos y otras cubiertas antrópicas (Mapa 2.1; Figura 2.1). El hecho de que casi tres cuartas partes del territorio nacional aún conservaran vegetación natural no significa que permanecieran inalteradas por el hombre (Mapa 2.2). Según esta misma evaluación, sólo 50.8% del territorio nacional (70% de la vegetación remanente) conservaba vegetación primaria (es decir, que no presenta perturbación importante), siendo las selvas las que habían experimentado la perturbación más extensiva, ya que sólo 35% de éstas (en superficie) se mantenían como selvas primarias. A manera de comparación, de acuerdo con el reporte más reciente sobre los

Vegetación de México

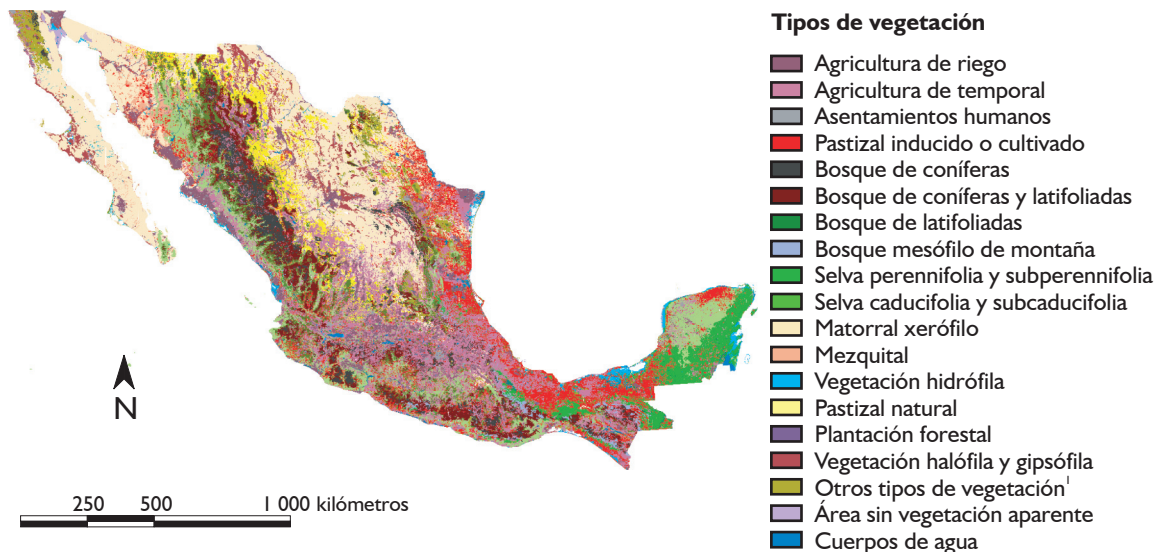
La vegetación de nuestro país es sumamente heterogénea. El Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) utiliza un sistema de clasificación jerárquica que considera en su nivel más alto las formaciones que son categorías vegetales caracterizadas principalmente por rasgos fisonómicos y ecológicos (e.g., bosque, selva, matorral, etc.), dentro de las cuales se incluyen los tipos de comunidad que se definen por sus rasgos fisonómicos, ecológicos y florísticos (e. g., chaparral, rosetófilo, sarcocaulo, mesófilo de montaña, etc.) y los tipos de vegetación que combinan el nombre de la formación y el tipo de comunidad (e. g., bosque mesófilo de montaña, matorral sarcocaulo, etc.). Los tipos más ampliamente distribuidos en el país son los siguientes (*Mapa a*):

Bosque de coníferas. Vegetación dominada por árboles perennifolios del grupo de las

coníferas, entre las que se cuentan pinos (*Pinus*) y oyameles (*Abies*) como los más ampliamente distribuidos, si bien también hay otros géneros importantes como los pinabetes (*Pseudotsuga*), los enebros (*Juniperus*) y los cedros (*Cupressus*). Generalmente se presentan en climas templados y fríos de las partes altas de las cordilleras. Las coníferas, en especial los pinos, constituyen los árboles más intensamente explotados en el país con fines industriales. En algunos casos este tipo de vegetación se ve favorecida por el disturbio antropogénico como los desmontes o incendios.

Bosque de encinos. Vegetación dominada por árboles de hoja ancha, la mayoría caducifolios, principalmente encinos (*Quercus*). Frecuentemente se les llama también bosques de latifoliadas. Se les encuentra sobre todo en climas templados

Mapa a Vegetación y uso del suelo en México, 2002



Nota:

¹ Otros tipos de vegetación: palmar natural e inducido, vegetación de dunas costeras, chaparral, matorral submontano, sabana y sabanoide.

Fuente:

INEGI. *Carta de uso actual del suelo y vegetación Serie III. México. 2005.*

Vegetación de México (continuación)

en las montañas, frecuentemente por debajo del piso altitudinal de las coníferas, aunque en ocasiones pueden desarrollarse en sitios francamente cálidos. Se les aprovecha especialmente para producir carbón y criar ganado. Estas actividades en general resultan en la degradación de la vegetación e incluso en su desaparición. Debido a que los suelos de los encinares son frecuentemente muy fértiles, las actividades agrícolas son comunes en ellos.

Bosque de coníferas y de latifoliadas (encinos). En algunas zonas coexisten los dos grupos de árboles formando bosques mixtos. Frecuentemente esta coexistencia es favorecida por las actividades humanas. La explotación de estos bosques es similar a la de los bosques de pino o encino.

Bosque mesófilo de montaña. Vegetación que se caracteriza por una densa cubierta de árboles donde coexisten numerosos géneros, como *Liquidambar*, *Magnolia*, *Juglans*, *Ostrya*, *Clethra*, *Podocarpus*, *Turpinia*, *Oreopanax* y muchos más. A menudo también hay pinos y encinos. Una de sus características más importantes son las afinidades templada y tropical de las especies del dosel y sotobosque respectivamente. Esta vegetación se desarrolla en altitudes donde se forman bancos de niebla. El bosque es exuberante, con gran cantidad de helechos y lianas, así como de plantas que crecen sobre los árboles. Una porción importante de la flora del bosque mesófilo es endémica. Superficies importantes de este bosque se han desmontado para establecer cultivos, y en varias regiones se siembra café bajo la copa de los árboles.

Selva perennifolia y subperennifolia. Vegetación dominada por árboles de muchas especies, en climas lluviosos y cálidos. La

copa puede rebasar los 40 metros de altura y conserva una parte importante de su follaje durante el año. Según la altura del dosel se dividen en selvas altas (vegetación arbórea de más de 30 metros), medianas (entre 20 y 30 metros) y bajas (frecuentemente entre 4 y 15 metros de altura del dosel). Bajo los árboles más altos hay varios estratos de vegetación de diferentes estaturas. Es una de las comunidades biológicas más diversas del mundo. Grandes áreas de este tipo de selvas han sido transformadas en pastizales para la ganadería o están sujetas a diferentes formas de agricultura. La explotación de algunas especies de alto valor comercial, como la caoba (*Swietenia*) o el cedro rojo (*Cedrela*) y de varios productos forestales no maderables, es común dentro de estas selvas.

Selva caducifolia y subcaducifolia. Vegetación dominada por árboles de diferentes especies de hoja caduca, que se desarrolla en ambientes cálidos con diferencias muy marcadas entre las temporadas de lluvias y de secas. De manera semejante a las selvas perennifolias se dividen en medianas y bajas en función de la altura de la vegetación arbórea dominante. El dosel rara vez rebasa los 15 metros de altura, aunque en algunos casos llega a los 30 metros.

La condición de subcaducifolia o caducifolia depende de la proporción de árboles que pierden el follaje en la temporada seca. Muchos de los árboles almacenan agua en sus tallos, como es el caso de los copales (*Bursera*), pochotes (*Ceiba*) y de varias cactáceas columnares. Esta vegetación frecuentemente está sujeta a la agricultura de roza, tumba y quema y a la ganadería extensiva. Estas actividades la degradan fuertemente, por lo que puede ser uno de los ecosistemas tropicales más amenazados del mundo.

Vegetación de México (continuación)

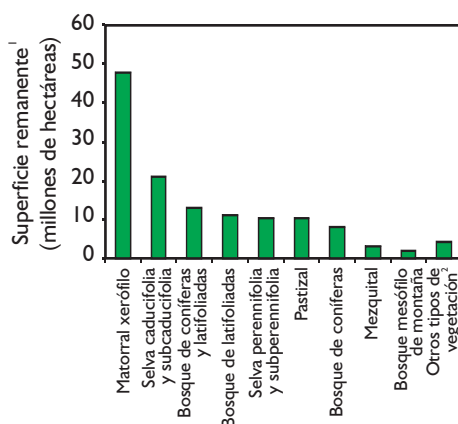
Mezquital. Vegetación dominada por árboles espinosos, principalmente mezquites (*Prosopis*). Se le encuentra en climas más bien áridos. Estos árboles permanecen verdes durante la temporada seca, ya que emplean las aguas subterráneas mediante sus largas raíces. Por esta razón crecen en suelos profundos y planos, lo que ha resultado en una fuerte destrucción de su hábitat, muy apto para la agricultura. Otros mezquiales están sujetos a una fuerte presión ganadera.

Matorral xerófilo. En esta categoría están incluidos un conjunto grande de tipos de vegetación (matorrales rosetófilos, sarcocaulales, crasicaulales, etc.). Vegetación dominada por arbustos, típica de las zonas áridas y semiáridas (de ahí el nombre xerófilo). Se trata del tipo de vegetación más extenso en México. El número de endemismos en estas zonas es sumamente elevado. Debido a la escasez de agua y a que los suelos son pobres y someros, la agricultura se practica en pequeña escala, salvo donde hay posibilidades de riego. Por el contrario, la ganadería está sumamente extendida, y zonas muy grandes de matorral xerófilo están sobrepastoreadas.

Pastizal. Vegetación dominada por herbáceas, principalmente gramíneas (pastos, zacates o graminoides). Se le encuentra en cualquier clima, pero principalmente en las regiones semiáridas del norte y en las partes más altas de las montañas (por arriba de los 4 000 metros). Casi todos los pastizales de nuestro país se emplean para la producción ganadera, casi siempre con una intensidad excesiva. Otros pastizales fueron bosques o matorrales, y la acción del ganado y el fuego los mantienen en esta forma alterada. A éstos se les conoce como pastizales inducidos.

De la superficie remanente de estos tipos de vegetación en el año 2002, el matorral xerófilo era el más abundante, y el mezquital y el bosque mesófilo de montaña los más escasos (*Figura a*).

Figura a Vegetación remanente en México, 2002



Fuente:

Elaboración propia con datos de: INEGI. *Carta de uso actual del suelo y vegetación Serie III*. México. 2005.

Notas:

¹Se incluye la vegetación primaria y secundaria.

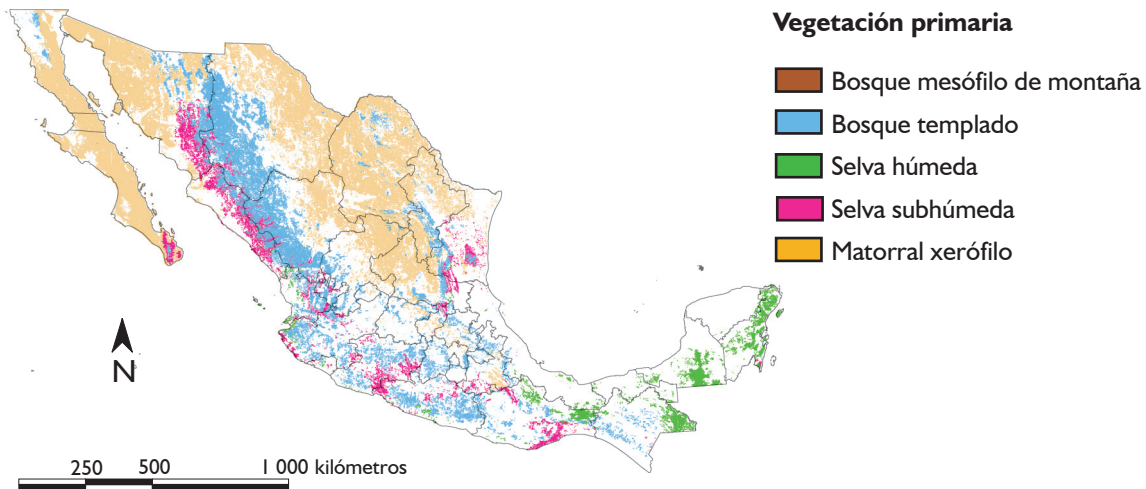
²Otros tipos de vegetación: manglar, popal, tular, vegetación de petén, palmar natural y chaparral.

Otros tipos de vegetación como los manglares, popales, tulares, palmares, vegetación de petén y chaparrales se encuentran ocupando superficies mucho menores y están relacionados a condiciones climáticas, edáficas o hidrológicas muy particulares.

Fuente:

Modificado de: *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales 2002*. México. 2003.

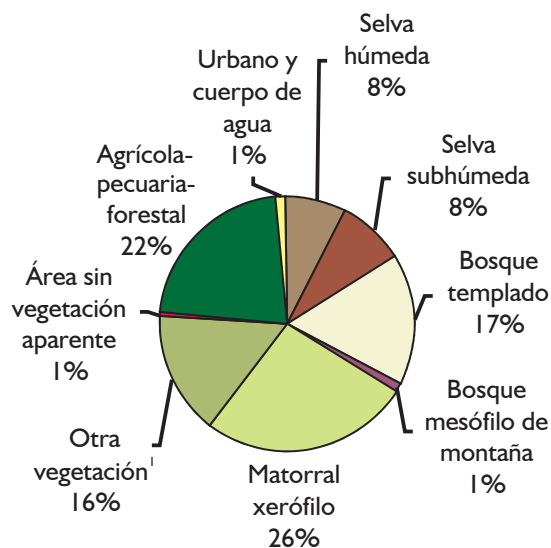
Mapa 2.1 Vegetación primaria en México, 2002



Fuente:

Elaboración propia con datos de: INEGI. *Carta de uso actual del suelo y vegetación Serie III*. México. 2005.

Figura 2.1 Usos del suelo y vegetación en México, 2002



Nota:

¹Pastizal natural, humedal, vegetación halófila y gipsófila, bosque cultivado, pastizal inducido o cultivado, vegetación de galería, palmar natural, vegetación de dunas costeras, chaparral, matorral submontano, sabana, matorral subtropical, palmar inducido y sabanoide.

Fuente:

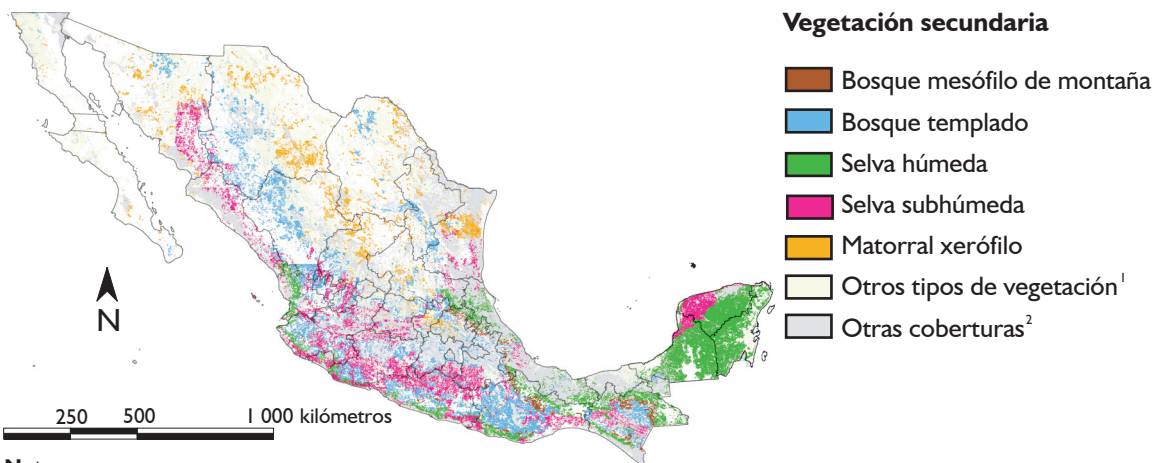
Elaboración propia con datos de: INEGI. *Carta de uso actual del suelo y vegetación Serie III*. México. 2005.

recursos forestales del mundo (FAO, 2005), de los bosques actualmente existentes a nivel global, sólo 36% son bosques primarios.

De la superficie del país que aún conserva vegetación natural, los matorrales constituyen la formación predominante (26.2% del total del país); de ellos, al menos 8% son secundarios, y esta cifra podría ser mucho mayor si se considera que en muchos lugares los matorrales son sujetos a ganadería extensiva que frecuentemente modifica la composición por especies; sin embargo, este tipo de perturbación sólo puede ser detectada mediante detallados muestreos de campo por lo que no se cuenta con cifras de su impacto a nivel nacional. En conjunto, los bosques y selvas ocupan 33.8% del territorio nacional, ocupando extensiones similares cada uno de ellos. Sin embargo, la superficie cubierta por selvas primarias es considerablemente menor que la de bosques primarios (11.1 y 22.1 millones de hectáreas respectivamente) (Figura 2.2).

Los estados que conservan una mayor superficie con vegetación natural (independientemente de su grado de conservación) son Baja California, Baja California Sur, Chihuahua, Coahuila, Quintana Roo y Sonora, con más de 80% de su territorio. En

Mapa 2.2 Vegetación secundaria en México, 2002



Notas:

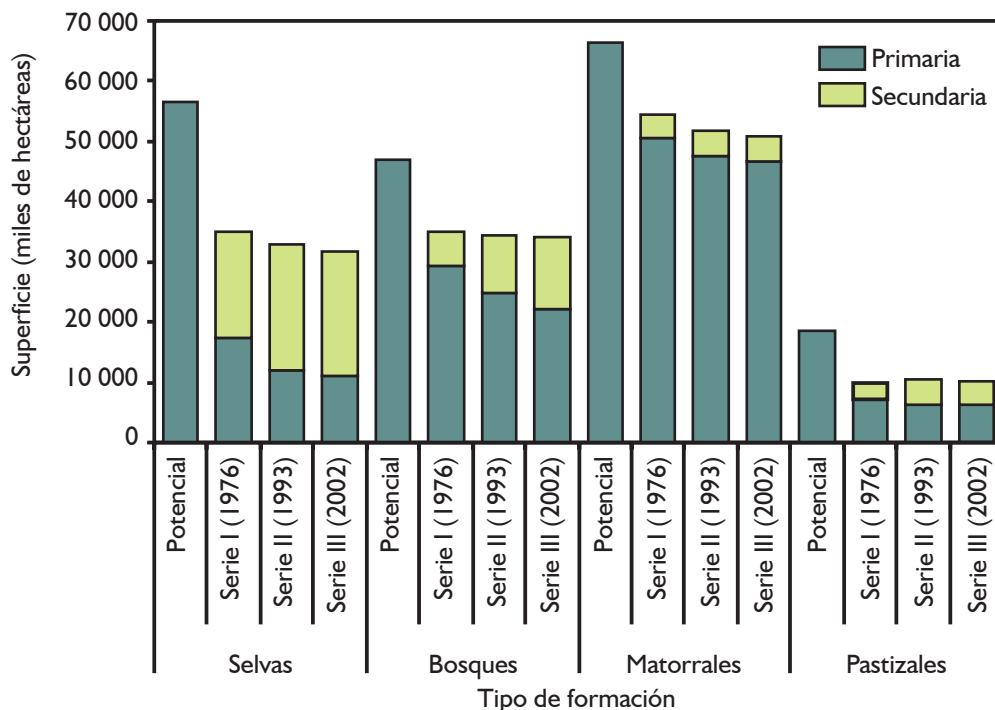
¹ Otros tipos de vegetación: vegetación halófila y gipsófila; vegetación de galería; y otros-especial (palmar natural, vegetación de dunas costeras, chaparral, matorral submontano, sabana, matorral subtropical, palmar inducido y sabanoide).

² Otras coberturas: agricultura, cuerpos de agua y áreas urbanas.

Fuente:

Elaboración propia con datos de: INEGI. *Carta de uso actual del suelo y vegetación Serie III*. México. 2005.

Figura 2.2 Vegetación primaria y secundaria por tipo de formación en México



Fuentes:

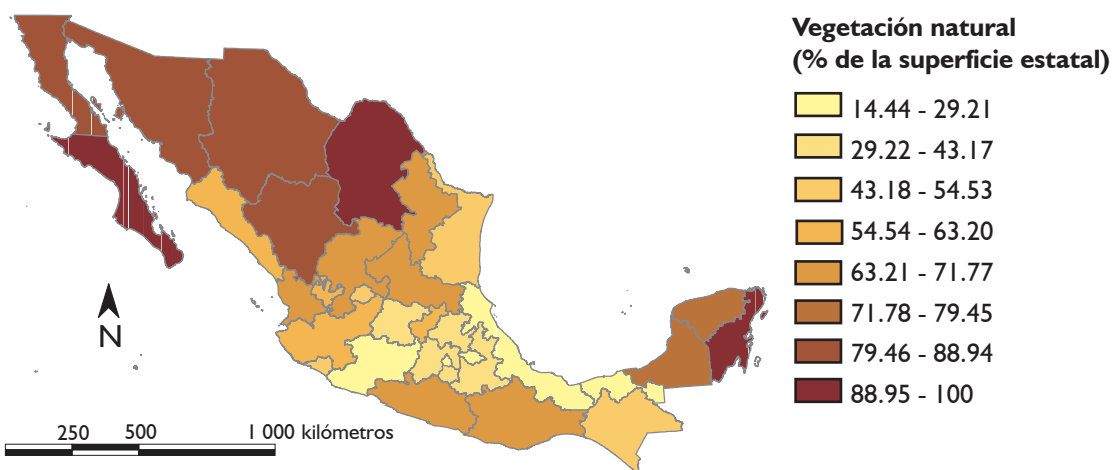
Elaboración propia con datos de:
 INEGI. *Carta de vegetación primaria*, escala 1:1 000 000. INEGI. México. 2001.
 INEGI. *Carta de uso del suelo y vegetación Serie I*. México.
 INEGI. *Carta de uso del suelo y vegetación Serie II*. México.
 INEGI. *Carta de uso del suelo y vegetación Serie III*. México.



contraste, en el Distrito Federal, Estado de México, Michoacán, Morelos, Tabasco, Tlaxcala y Veracruz la vegetación natural cubre menos de 35% (Mapa 2.3). El grado de conservación de la vegetación muestra diferencias muy grandes al interior del país; mientras que en Baja California, Baja California Sur y Coahuila menos del 10% de su cubierta vegetal es

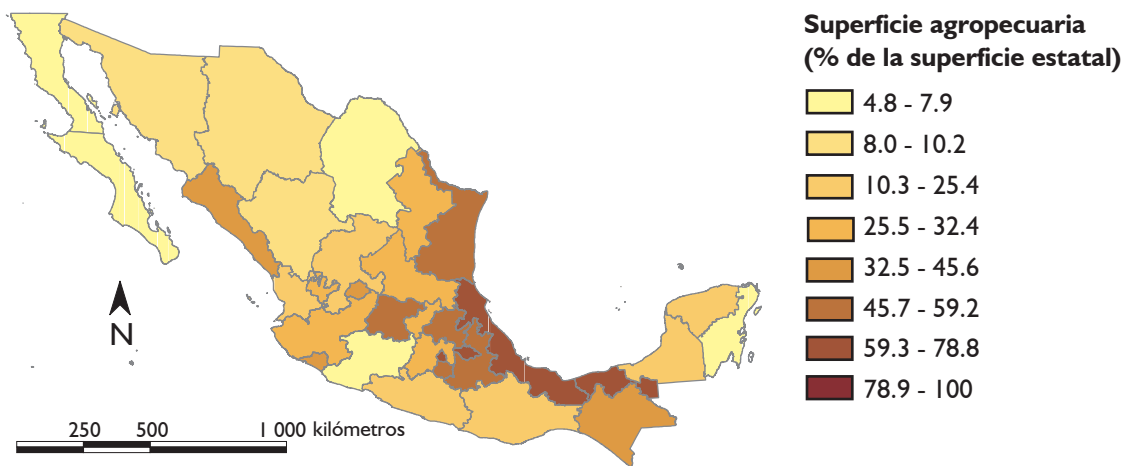
secundaria, en los estados de Campeche, Chiapas, Colima, Morelos, Oaxaca, Quintana Roo, Veracruz y Yucatán es más del 60%. Los estados que han sufrido una transformación más extensiva de sus ecosistemas naturales para dedicarlos a actividades agrícolas y pecuarias son Tabasco, Tlaxcala y Veracruz (Mapa 2.4).

Mapa 2.3 Vegetación natural remanente por entidad federativa, 2002



Fuente:
Elaboración propia con datos de: INEGI. *Carta de uso actual del suelo y vegetación Serie III*. México. 2005.

Mapa 2.4 Uso agropecuario por entidad federativa, 2002



Fuente:
Elaboración propia con datos de: INEGI. *Carta de uso actual del suelo y vegetación Serie III*. México. 2005.



Cambios en el uso del suelo

Desde el siglo XVIII, pero más intensamente en los últimos 50 años, los seres humanos han transformado los ecosistemas del mundo más rápida y extensamente que en ningún otro periodo comparable de la historia. En la actualidad los sistemas de cultivo y ganaderos ocupan alrededor de una cuarta parte de la superficie terrestre, transformación que ha sido impulsada en gran parte para resolver el enorme aumento de la demanda de alimentos, agua, fibras y combustibles (Reid et al., 2004).

Estas rápidas y profundas transformaciones del uso del suelo, así como sus consecuencias, son uno de los temas de mayor interés actual en las disciplinas ambientales. De hecho, ahora se reconoce que, aún cuando los cambios de uso de suelo ocurren a nivel local, pueden tener consecuencias globales (ver **Cambios locales, consecuencias globales**). La pérdida de superficies boscosas es uno de los factores más importantes en el cambio climático global, toda vez que alteran ciclos biogeoquímicos como el del agua y el carbono. Es también una de las causas más importantes de pérdida de biodiversidad; el impacto es tal que se estima que la tasa actual de extinción de especies es hasta mil veces superior a las tasas típicas de la historia del planeta (Reid et al., 2004). Sin duda, es a través de los cambios en el uso del suelo que se materializa nuestra relación con el medio ambiente y también es la vía más importante por la que la sociedad resiente los cambios en el entorno (Lambin et al., 1999).

De acuerdo con la evaluación más reciente de los recursos forestales del mundo (FAO, 2005), los bosques cubren unas 4 mil millones de hectáreas, alrededor de 30% de la superficie terrestre total del planeta. Según esa evaluación, la deforestación, sobre todo para convertir los bosques en terrenos agrícolas ha proseguido a un ritmo de millones de hectáreas por año. Aunque el ritmo neto de pérdida ha disminuido con respecto a la década anterior (1990-2000), gracias a los programas de reforestación (como los promovidos extensivamente en China) y a la recuperación natural de los bosques

a partir de terrenos de cultivo y de uso pecuario no utilizados; el cambio neto durante el periodo 1990-2000 habría sido de unas 8.9 millones de hectáreas por año y se estima que disminuiría a 7.3 millones de hectáreas anuales en el periodo 2000-2005.

El uso del suelo está inherentemente ligado con la sustentabilidad del uso de los recursos naturales. La forma e intensidad en que se modifica la cubierta vegetal determina la persistencia de los ecosistemas y, por ende, de los recursos y servicios que éstos proporcionan. Es fundamental, por tanto, entender en detalle los procesos de cambio de uso del suelo y sus efectos.

En México se han elaborado inventarios de la superficie bajo diferentes usos desde hace aproximadamente 40 años. Esto permitiría, en principio, hacer comparaciones entre fechas y conocer las tasas y patrones de modificación de uso del suelo. Sin embargo, tales estudios se han hecho utilizando las diferentes fuentes de información (e.g., fotografías aéreas, imágenes de diferentes satélites, etc.) y herramientas tecnológicas (e.g., mapas en papel, cartas digitales, sistemas de información geográfica, etc.) disponibles en el momento y la clasificación de los usos del suelo empleada no ha sido consistente en todos ellos (ver **Inventarios forestales y tasas de deforestación**). Estas diferencias hacen que los resultados de esos inventarios no sean entera y directamente comparables y temas como el de la deforestación continúan siendo materia de discusión y controversia en los diferentes medios que, sobre todo, centran toda la atención en los valores finales y no en los procesos que subyacen a estos cambios. No obstante que las estimaciones cuantitativas no son lo precisas que sería deseable y deben tomarse con una dosis de precaución, la información disponible sí permite identificar varias tendencias.

De los inventarios de uso del suelo disponibles y que han hecho un examen exhaustivo a nivel nacional, los más directamente comparables entre sí son las *Cartas de Uso Actual del Suelo y Vegetación Serie I, Serie II y Serie III* elaboradas por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática

Cambios locales, consecuencias globales

El cambio del uso del suelo suele considerarse como un problema local, sin embargo, su magnitud y ocurrencia a lo largo y ancho del mundo lo han convertido en un problema global. Aunque las prácticas de uso del suelo varían en las diferentes regiones del mundo, su objetivo final es generalmente el mismo: adquirir recursos naturales para satisfacer las necesidades inmediatas de la población, aunque ello conduzca a una degradación del ambiente.

Los impactos ambientales, resultado de la acumulación de todos esos pequeños cambios que se dan a escala local ya muestran sus efectos a escala mundial como sería el caso de los cambios en la composición de la atmósfera. La sustitución de los ecosistemas naturales ha modificado, por ejemplo, el ciclo global de carbono, el balance hídrico, los flujos de energía y el clima mundial. Se ha estimado que el 35% de las emisiones de bióxido de carbono en el mundo son el resultado del cambio del uso del suelo. También, aunque no plenamente comprobado, se ha propuesto que el incremento observado en la frecuencia e intensidad de los huracanes en los últimos años es una consecuencia del cambio climático.

Los ríos, lagos y mares también se han visto seriamente afectados por el cambio de uso del suelo. La transformación de las cuencas de captación y el uso del agua de los ríos modifica la cantidad y calidad del agua que transportan o albergan. Por ejemplo, la remoción de la vegetación natural en la cuenca de captación del río Tocantins en Brasil ha ocasionado un incremento de 230% en los sólidos transportados (aunque

la mayoría se queda en las represas y no se descarga al mar) y un incremento de 25% en el volumen de las descargas; en otros casos, las modificaciones del ciclo hidrológico para proveer de agua a la agricultura, la industria y los centros urbanos han reducido a tal punto el agua que transportan los ríos que han afectado fuertemente los ecosistemas acuáticos; quizá el caso más dramático sea el mar Aral, donde la intensa extracción de agua de sus afluentes ha reducido a tal punto la calidad de sus aguas que prácticamente se ha colapsado su productividad.

Los nutrientes de origen antropogénico provenientes de la cada vez mayor superficie agrícola también han afectado negativamente la calidad del agua en ecosistemas dulceacuícolas y costeros. Los fertilizantes lavados de los terrenos agrícolas de la cuenca del río Mississippi han ocasionado la eutrofización en el Golfo de México y la aparición cada vez más frecuente e intensa de la llamada “zona muerta”.

Cada vez es más frecuente que las decisiones que se tomen en un sitio tengan consecuencias en otros lugares a muchos kilómetros de distancia. Las grandes presas y obras de desviación del agua para el río modifican profundamente el volumen de descarga y las características fisicoquímicas del agua que se drena río abajo y al mar afectando fuertemente a los ecosistemas costeros. Por ejemplo, la vegetación hidrófila del delta del Colorado se ha visto fuertemente afectada por la reducción de cerca del 90% del flujo de agua y del 50% de los sedimentos que se descargan al mar en el Golfo de California.

Cambios locales, consecuencias globales (continuación)

Sin duda, el balance general de la relación hombre-ambiente es altamente negativo para el segundo. De continuar esta situación a mediano o largo plazo el deterioro ambiental se volverá una carga para el desarrollo de los países. La alternativa a seguir es procurar cambiar esta relación por una en la que los dos ganen (ambiente y sociedad).

Existen algunos ejemplos donde la relación hombre-ambiente es de ganar-ganar. En la ciudad de Nueva York, después de evaluar los costos para la construcción de una planta purificadora se llegó a la conclusión que era mejor solución conservar los ecosistemas de la montaña de Castkill y sus servicios de purificación del agua. En algunas regiones de Holanda se ha demostrado la conveniencia de mantener vegetación natural alrededor de los cafetales, ya que la polinización por organismos silvestres mejora el rendimiento del café en cerca del 20%. En China, la conservación de peces herbívoros, además de ayudar al control de los vectores de la malaria, redujeron la necesidad de pesticidas e incrementaron la producción de pescado.

Fuente:

Foley, A. J., R. DeFries, G. P. Asner, C. Barford, G. Bonan, S. R. Carpenter, F. S. Chapin, M. T. Coet, G. C. Daily, H. K. Gibbs, J. H. Helkowski, T. Holloway, E. A. Howard, C. J. Kucharik, C. Monfreda, J. A. Patz, I. C. Prentice, N. Ramankutty y P. Snyder. Global Consequences of Land Use. *Science* 309: 570-574. 2005.

(INEGI). La Serie I fue elaborada con base en la interpretación de fotografías aéreas registradas en los 1970's; la Serie II fue elaborada a partir de imágenes de satélite registradas en 1993, y la Serie III a partir de imágenes del año 2002. Por otra parte, recientemente el mismo INEGI presentó la *Carta de vegetación primaria potencial*, que describe la vegetación que probablemente cubría el territorio nacional antes de que fuera transformado por las diferentes actividades humanas. La comparación de la cubierta vegetal del país en diferentes puntos en el tiempo en referencia a la probable vegetación original permite poner en contexto la magnitud de las transformaciones que ésta ha experimentado.

En la *Carta de vegetación primaria potencial* (Mapa 2.5) los matorrales ocupan cerca de la tercera parte del territorio nacional, seguidos en extensión por las selvas (29%) y los bosques (24%) (Figura 2.3). Hacia la década de los 1970's (según la *Carta de Uso Actual del Suelo y Vegetación serie I*), aún se mantenían tres cuartas partes de la superficie originalmente cubierta por bosques y poco más de 60% de la extensión original de las selvas; los pastizales naturales se habían reducido a casi la mitad de su extensión original (Figura 2.2). Según la *Carta de Uso Actual del Suelo y Vegetación serie III*, para el 2002 aún se conservaba poco más de 70% de la superficie original de bosques, 56% de las selvas, 77% de los matorrales y sólo 55% de los pastizales, lo que en teoría representaría una pérdida histórica neta de hasta 250 mil kilómetros cuadrados de selvas, 129 mil kilómetros cuadrados de bosques templados, 155 mil kilómetros cuadrados de matorrales y más de 83 mil kilómetros cuadrados de pastizales. Aun cuando la mayor parte de estas transformaciones habrían ocurrido a lo largo de la historia previa a los 1970's, en las últimas décadas (1970's–2002) se han seguido registrando pérdidas importantes (superiores a las 100 mil hectáreas anuales), particularmente en el caso de las selvas y los matorrales.

Las cifras de vegetación remanente incluyen también a las comunidades secundarias, que pueden ser estructural y funcionalmente muy diferentes a las originales. Si se considera sólo la vegetación primaria (i.e., aquella que no presenta perturbación



Inventarios forestales y tasas de deforestación

Uno de los temas ambientales que mayor controversia ha generado en los últimos años en México es la magnitud y el ritmo al que se desmontan los bosques y selvas del país para convertirlos a otras formas de uso del suelo (e.g., campos de cultivo, potreros, zonas urbanas, etc.). El tema no es menor toda vez que la deforestación es una de las principales amenazas para la biodiversidad, conlleva la pérdida de numerosos servicios ambientales fundamentales y porque su ocurrencia es evidente, aún para el observador casual, en muchas partes del país.

Lo que ha resultado muy difícil es hacer una cuantificación científicamente sólida, reproducible y, por tanto, libre de suspicacias de la extensión y la tasa a la que ocurre la deforestación en diferentes partes del país. Parte de esta dificultad proviene de las características físicas del país que imponen serias limitantes desde el punto de vista metodológico. Por ejemplo, la gran extensión y la inaccesibilidad de varias partes de México restringen severamente la realización de estudios directos en el campo; la alta diversidad y heterogeneidad de la cubierta vegetal hace que métodos de estudio que se aplican exitosamente en otros países con condiciones menos complejas resulten total o parcialmente inadecuados para el nuestro; la casi continua presencia de una alta cobertura de nubes en buena parte del sur del país limita el uso de imágenes de satélite o de fotografías aéreas, que son la fuente básica de información para este tipo de estudios. Dificultades adicionales provienen de la compleja dinámica de cambio de la vegetación, con algunas áreas donde se destruye, parcial o totalmente, la cubierta vegetal al mismo tiempo que en otras (campos de cultivo y potreros abandonados) tiene lugar la regeneración de bosques o selvas secundarios, frecuentemente en

espacios de tiempo muy cortos, a la vez que se llevan a cabo campañas de reforestación y se establecen plantaciones forestales en terrenos previamente desmontados. Esta rápida dinámica de cambios hace difícil incluso la identificación y delimitación de las áreas deforestadas. Finalmente, hay aspectos de definición formal que también contribuyen a hacer menos claro el significado práctico del término deforestación. Históricamente, la ley forestal mexicana incluye a la vegetación de zonas áridas y semiáridas (principalmente matorrales xerofíticos) como parte de la vegetación forestal del país. Consecuentemente, la evaluación de la deforestación (definida simplemente como la pérdida de vegetación forestal) debe incluir la pérdida de matorrales y no sólo la de bosques y selvas, concepción que contrasta con la más estrecha definición de deforestación adoptada por otros países y por organismos internacionales como la FAO, que sólo incluye la pérdida de vegetación dominada por elementos arbóreos (es decir, bosques y selvas).

Inventarios forestales

La Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable identifica al Inventario Nacional Forestal y de Suelos como el instrumento de política nacional en materia forestal que debe proveer, entre otras cosas, la información relativa a los tipos de vegetación forestal, a la superficie y localización de terrenos forestales, así como a la dinámica de cambio de la vegetación forestal del país, que permita evaluar las tasas de deforestación. A la fecha, en México se han completado tres inventarios forestales de carácter nacional.

Primer Inventario Nacional Forestal.-

El primer inventario se inició en 1961 y se concluyó hasta 1985. Se basó en el análisis de

Inventarios forestales y tasas de deforestación (continuación)

fotografías aéreas (escala promedio 1:50 000) y un muestreo intensivo de campo pero sólo para las principales zonas arboladas con valor comercial del país (aproximadamente 52% de la superficie arbolada total); el resto de la superficie estudiada se cuantificó mediante imágenes de satélite escala 1:3 000 000. La cobertura parcial, la clasificación adoptada (Forestal comercial, Forestal potencial comercial, Forestal no comercial, Forestal no arbolado, Chaparral, Hojosas y No forestal), así como la falta de un año base al cual referir los resultados de este inventario hacen imposible el compararlo con los inventarios posteriores y utilizarlo como base para derivar tasas de deforestación.

Inventario Forestal de Gran Visión 1991.- Este inventario fue elaborado por la Subsecretaría Forestal y de Fauna Silvestre de la entonces Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) con base en la Carta de Uso Actual del Suelo y Vegetación serie I del INEGI y mediante la clasificación digital de imágenes de satélite AVHRR, sin muestreo de campo. Como productos se obtuvieron mapas (escala 1:1 000 000) de la vegetación forestal del país, clasificada en diez tipos de vegetación forestal (coníferas, hojosas, bosque mesófilo, selvas altas y medianas, selvas bajas, manglares, mezquital y huizachal, selvas bajas caducifolias, chaparrales y matorral xerófilo) y siete de vegetación no forestal (otros tipos de vegetación, áreas fuertemente perturbadas, áreas perturbadas, agropecuario, cuerpos de agua, zonas urbanas y áreas sin vegetación).

Inventario Nacional Forestal Periódico 1992-1994.- Este inventario fue realizado por la SARH en asociación con la UNAM; se basó en el análisis de imágenes de satélite Landsat TM y muestreo de campo de baja intensidad. Como resultado se obtuvieron

mapas (escala 1:250 000) de la vegetación forestal del país (en seis categorías principales: Bosques, Selvas, Vegetación de zonas áridas, Vegetación hidrófila y halófila, Áreas forestales perturbadas y Usos no forestales; subdivididas para un total de 40 categorías de vegetación o uso del suelo) y de la zonificación de los terrenos forestales en tres clases o destinos (conservación, producción y restauración). El Inventario debería actualizarse cada 10 años.

Inventario Nacional Forestal 2000 (no terminado).- En el año 2000 la entonces Semarnap comisionó a la UNAM la realización de un nuevo Inventario Forestal Nacional. Sin embargo, de éste sólo se completó la primera etapa, consistente en la elaboración de una carta de vegetación y uso actual del suelo (escala 1:250 000). En una segunda etapa se haría el trabajo de campo y la evaluación dasométrica. La carta de vegetación se elaboró mediante la interpretación visual de imágenes de satélite Landsat ETM+ adquiridas entre noviembre de 1999 y abril de 2000, y adoptó una clasificación similar a la del INEGI con ocho formaciones de vegetación (Bosque templado, Bosque tropical, Matorrales, Pastizales, Vegetación hidrófila, Otros tipos de vegetación, Cultivos y Otros tipos de cobertura) subdivididos en 17 tipos, 47 comunidades y 28 subcomunidades, para un total de 75 categorías.

Inventario Nacional Forestal y de Suelos.- Finalmente, con la aprobación de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (en 2003) la Comisión Nacional Forestal (Conafor) inició en 2004 los trabajos para la elaboración de un programa de inventarios nacionales forestales y de suelos. El inventario incluye dos componentes complementarios: Un estudio satelital anual del Índice de Cobertura Forestal, enfocado esencialmente a cuantificar los cambios en la cobertura

Inventarios forestales y tasas de deforestación (continuación)

forestal del país, y el inventario forestal propiamente dicho, que será actualizado cada cinco años y se elaborará con base en las *Cartas de Uso Actual del Suelo y Vegetación* (que produce de manera paralela el INEGI) y en el análisis de imágenes de satélite de alta resolución. Como productos del inventario deben obtenerse cartas de vegetación forestal en escala 1:250 000 y datos sobre los volúmenes, densidad e incrementos de la vegetación forestal del país. El primer ciclo de este programa de inventarios inició en 2004 y deberá completarse en 2009.

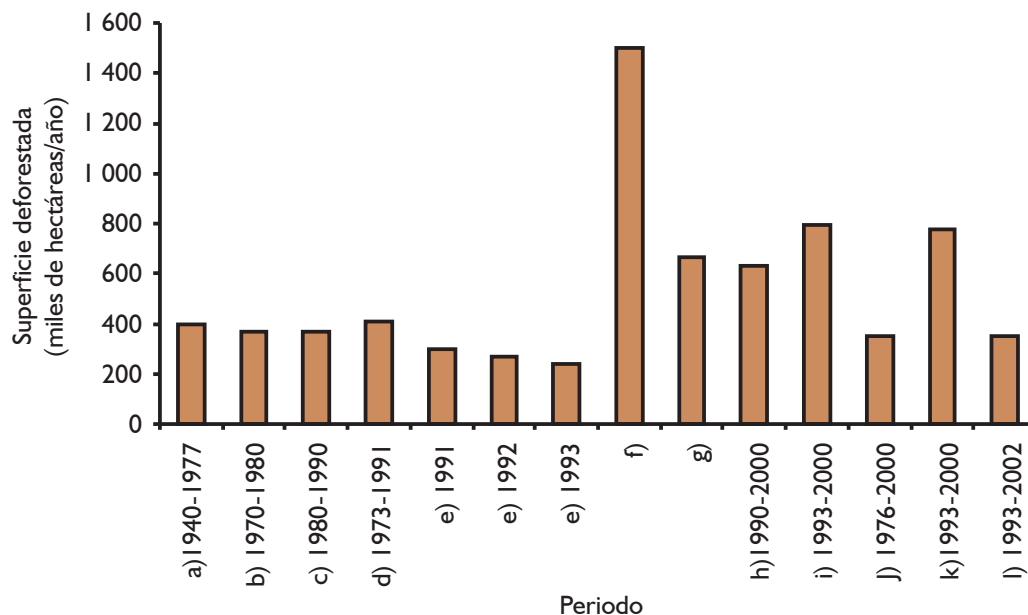
Estimaciones de la tasa de deforestación

Los tres inventarios que han sido completados a la fecha difieren sustancialmente uno del otro en cuanto a la información básica empleada

(fotografías aéreas e imágenes de diferentes satélites, con diferentes niveles de muestreo de campo), las escalas de trabajo (desde 1:250 000 a 1:1 000 000) y la clasificación de la vegetación adoptada. Estas discrepancias hacen que sus resultados (por ejemplo, los relativos a la extensión de los diferentes tipos de vegetación forestal) no sean directamente comparables entre sí y resulte imposible o muy difícil poder utilizarlos como base para la estimación de las tasas de deforestación.

Esta carencia ha motivado que, en repetidas ocasiones, diversos autores hayan buscado obtener estimaciones de las tasas de deforestación del país con base en la incompleta información disponible en diversas fuentes y utilizando diversos métodos de cálculo (*Figura a*).

Figura a Estimaciones de la tasa de deforestación en México



Nota:

Los incisos del a) al i) corresponden con la fuente como se describe en el texto; los años denotan el periodo para el que se obtuvo la estimación en cada caso.

Inventarios forestales y tasas de deforestación (continuación)

a) Como parte del *Primer Inventario Nacional Forestal*, en 1978 se estimó una tasa de deforestación de 397 mil hectáreas por año para el periodo 1940-1977, resultante de dividir la diferencia en la superficie arbolada estimada para esos años, entre el periodo transcurrido (37 años).

b) En 1990, con motivo del reporte de México a la FAO para la Evaluación de los Recursos Forestales 1990 (FRA, 1990), el Inventario Nacional Forestal obtuvo una estimación de 365 mil hectáreas/año para el periodo 1970-1980, resultante de ajustar los valores de cobertura forestal obtenidos en el *Primer Inventario Nacional Forestal* con base en los datos del crecimiento de la población rural durante ese periodo.

c) También en 1990 la SARH obtuvo, con base en los resultados de una encuesta realizada en sus Delegaciones Estatales, una estimación de 370 mil hectáreas/año para el periodo 1980-1990.

d) En 1991, con base en la comparación de las superficies forestales en el *Primer Inventario Nacional Forestal* y en el *Inventario Forestal de Gran Visión* y considerando un periodo aproximado de 18 años, se obtuvo una estimación de 406 mil hectáreas/año para el periodo 1973-1991.

e) Como parte del *Inventario Nacional Forestal Periódico* se obtuvieron estimaciones para los años 1991 a 1993. Para el año de 1991 se obtuvo una estimación de 298 mil hectáreas y, para 1992, de 270 mil hectáreas. Estas cifras fueron calculadas ajustando la cifra de 370 mil hectáreas/año, obtenida previamente para 1990, con los factores que

provocan la deforestación (e.g., reducción de los permisos de cambios de uso de suelo, reforzamiento de las acciones para disminuir el impacto de plagas, incendios, desmontes sin permiso, tala ilegal, etc.). Para 1993 se estimó una deforestación de 242 mil hectáreas, combinando información de las Delegaciones de la SARH con la tendencia de la superficie afectada por desmontes ilegales y el área de deforestación.

f) Con base en cifras oficiales sobre el incremento de la superficie agrícola y pecuaria del país, Toledo et al. (1989) estimaron una tasa de 1 500 000 hectáreas/año.

g) Con base en estadísticas oficiales y la extrapolación de resultados obtenidos en casos de estudio detallados, complementados con datos sobre perturbaciones e incendios forestales y ajustes hechos con base en el análisis de imágenes de satélite, en 1992 Masera, Dirzo y Ordóñez obtuvieron una estimación de 668 mil hectáreas/año.

h) En el reporte de México a la FAO para la Evaluación de los Recursos Forestales 2000 (FRA, 2000), se estimó que las existencias forestales (bosques y selvas) del país en 1990 eran de 61.5 millones de hectáreas y que, para el 2000, habrían disminuido a 55.2 millones, lo que representaría una tasa simple de deforestación de 630,600 hectáreas/año. Sin embargo, es importante señalar que no se dispone de datos factuales sobre las existencias forestales en México para ninguna de esas dos fechas (1990 y 2000); las cifras reportadas fueron, en realidad, estimaciones hechas con base en información básica proporcionada por la entonces Semarnap usando los métodos de estimación y

Inventarios forestales y tasas de deforestación (continuación)

extrapolación aprobados por la propia FAO para armonizar los datos de los países. Los datos proporcionados por la Semarnap para tal efecto fueron, principalmente, los del *Primer Inventario Nacional Forestal*, del *Inventario Forestal Periódico* y los resultados de un ejercicio (parcial) de comparación de la *Carta de vegetación y uso actual del suelo Serie I* del INEGI (que describe el estado de la cubierta vegetal del país en la década de los 1970's) y la carta del *Inventario Forestal Periódico*.

i) En diciembre de 2001, la Semarnat presentó una estimación realizada con base en la *Carta de vegetación y uso actual del suelo Serie II* del INEGI (que describe el estado de la cubierta vegetal del país en 1993) y la *carta de vegetación del Inventario Nacional Forestal 2000* elaborada por la UNAM. En este reporte se establecía una tasa simple de 1 127 845 hectáreas/año. Sin embargo, esa estimación incluía (siguiendo la definición de vegetación forestal de la Ley Forestal) también a los matorrales y no sólo a bosques y selvas, por lo que no es directamente comparable con las otras cifras disponibles. Sin embargo, si de los cálculos empleados en ese ejercicio se considera sólo la parte correspondiente a bosques y selvas, se tiene una existencia estimada de 69.354 millones de hectáreas en 1993 y de 63.798 millones en 2000, lo que representaría tasa simple de deforestación de poco menos de 794 mil hectáreas/año.

j) En 2002, por mandato del Instituto Nacional de Ecología-Semarnat, el Instituto de Geografía-UNAM realizó una investigación encaminada a evaluar la confiabilidad y

mejorar la calidad de las bases de datos disponibles sobre uso de suelo y vegetación y obtener estimaciones de las tasas de pérdida del capital natural. En ese estudio se consideró que, de las bases de datos disponibles, las más adecuadas para el análisis del cambio de la cubierta vegetal eran la *Carta de Uso Actual del Suelo y Vegetación Serie I* del INEGI y la *carta de vegetación del Inventario Nacional Forestal 2000* de la UNAM. El análisis del cambio en la cubierta vegetal se realizó superponiendo las dos bases de datos y se obtuvo una tasa estimada de deforestación de 548 mil hectáreas/año (para bosques templados y tropicales y matorrales) o de 350 296 hectáreas/año sólo para bosques y selvas, para el periodo 1976-2000.

k) En 2003 se publicaron dos obras (*Informe de México al proceso de Montreal e Informe de la Situación del Medio Ambiente en México 2002*) en ambas de las cuales se hacen –de manera independiente– estimaciones de las existencias forestales y la tasa de deforestación. En ambos casos se utilizó como base la *Carta de vegetación y uso actual del suelo Serie II* del INEGI y la *carta de vegetación del Inventario Forestal Nacional 2000*, que eran las fuentes de datos más recientes disponibles entonces. En el Informe al Proceso de Montreal se estiman 69.05 millones de hectáreas de existencias forestales (bosques y selvas) en 1993 y de 63.66 millones de hectáreas en el 2000, lo que resulta en una tasa simple de deforestación de 769 mil hectáreas/año como promedio en el periodo. Las cifras reportadas en la segunda obra sólo difieren ligeramente de éstas (69.03 millones de hectáreas, 63.54 millones de hectáreas y

Inventarios forestales y tasas de deforestación (continuación)

778 mil hectáreas/año, respectivamente), en razón de la diferente estandarización a la superficie total del país.

I) Para el reporte de México a la FAO para la Evaluación de los Recursos Forestales 2005 (FRA, 2005), la Comisión Nacional Forestal decidió utilizar exclusivamente fuentes de datos homogéneas; las fuentes elegidas para tal fin fueron la *Carta de vegetación y uso actual del suelo Serie II* y una versión entonces preliminar de la *Carta de vegetación y uso actual del suelo Serie III* (que describe la cubierta vegetal del país en 2002), ambas del INEGI.

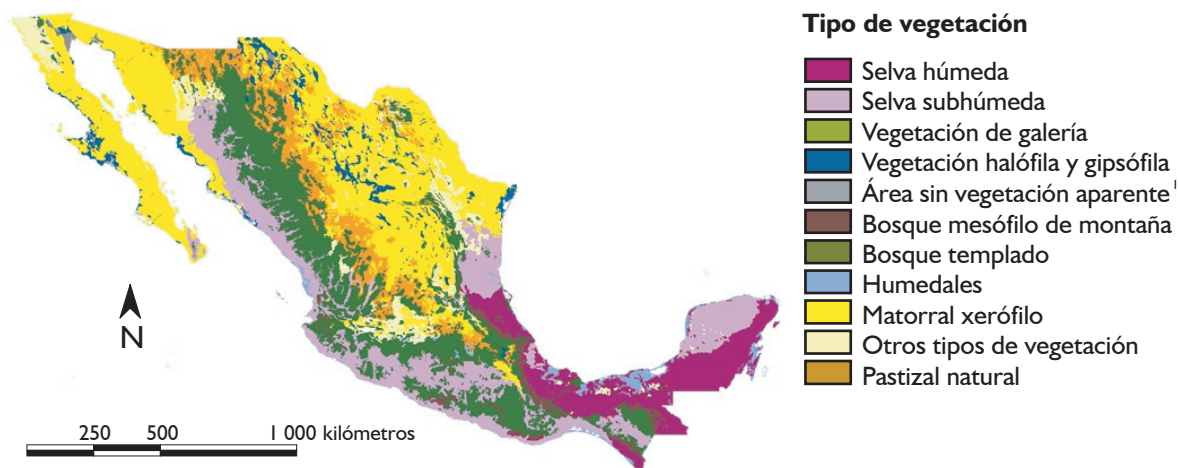
Un aspecto importante a considerar es que, para esta nueva evaluación, la FAO modificó ligeramente tanto algunas de sus definiciones como algunos de los métodos de estimación, por lo que los resultados de este nuevo reporte no son directamente comparables con los anteriores (FRA, 1990 y FRA, 2000).

Para el FRA 2005 la FAO solicitó dos piezas básicas de información: a) una estimación de las existencias forestales en 1990 y 2000 y b) una proyección de las existencias para el 2005. La primera estimación se hizo identificando en las dos series de datos elegidas las categorías que corresponden a las definiciones de Bosques y Otras tierras boscosas de la FAO y calculando las existencias de estas coberturas en ambas fechas. Este cálculo arrojó una existencia de 68.720 millones de hectáreas de Bosques en 1993 y de 65.557 millones de hectáreas en el 2002, lo que representa una pérdida total de 3.163 millones de

hectáreas en el periodo, o una tasa simple de deforestación de 351 445 hectáreas/año. Si se considera también la pérdida de Otras tierras boscosas, la tasa total de deforestación es de 401 mil hectáreas/año.

La proyección al año 2005 de las existencias de bosques y otras tierras boscosas se hizo suponiendo que la tasa de deforestación calculada para 1990-2000 se mantendría constante en 2000-2005 pero que se vería atenuada por los diversos programas (e.g., Programa Nacional de Reforestación, Programa de Desarrollo Forestal, etc.) que el gobierno federal aplica para contrarrestar sus efectos, en un nivel dado por las metas que estos programas esperan alcanzar en el periodo. De ahí se obtuvieron proyecciones – que, de cumplirse cabalmente las suposiciones en que se basaron las predicciones– dan como resultado una tasa promedio de 260 mil hectáreas/año para el periodo 2000-2005.

Mapa 2.5 Cobertura vegetal original en México



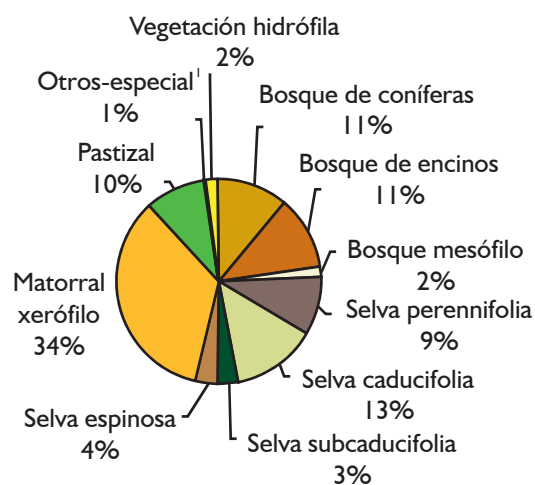
Nota:

¹ Incluye zonas de dunas arenosas interiores.

Fuentes:

Elaboración propia con datos de: INEGI. *Carta de vegetación primaria potencial* (escala 1:1 000 000). INEGI. México. 2001.

Figura 2.3 Cobertura potencial de los principales tipos de vegetación en México



Nota:

¹ Otros-especial (palmar natural, vegetación de dunas costeras, chaparral, matorral submontano, sabana, matorral subtropical, palmar inducido y sabanoide).

El total de la suma de los porcentajes es mayor al 100% debido al redondeo de las cifras.

Fuente:

Elaboración propia con datos de: INEGI. *Carta de vegetación primaria*, escala 1: 1 000 000. INEGI. México. 2001.

considerable y que es, en principio, la de mayor importancia por su biodiversidad y provisión de servicios ambientales), se observan transformaciones aún mayores. Hacia la década de los 1970's las selvas primarias remanentes representaban sólo el 30% de su probable extensión original, de los bosques templados primarios se conservaba un 62%, 76% de los matorrales y sólo 39% de los pastizales. En las últimas décadas (1970's a 2002) las selvas primarias se han seguido perdiendo o transformando hasta llegar a menos de 20% de su probable extensión original, los bosques primarios a 47%, los matorrales primarios a 70% y los pastizales a 34% (Figura 2.2).

A lo largo del periodo comprendido entre la década de los 1970's y 1993, bosques, selvas, matorrales y pastizales primarios que ocupaban unos 13.7 millones de hectáreas en diferentes partes del país fueron ya sea eliminados para dedicar los terrenos a otros usos o alterados y reemplazados por comunidades secundarias, a un ritmo promedio de unas 810 mil hectáreas por año. Estas transformaciones afectaron particularmente a los bosques templados (unas 276 mil hectáreas por año) y las selvas (unas 312 mil hectáreas por año).

Más recientemente, el ritmo de transformación



o alteración de la vegetación primaria ha disminuido considerablemente. De 1993 a 2002 un total de 4.4 millones de hectáreas (una superficie similar a la del estado de Quintana Roo) previamente cubiertas por bosques, selvas, matorrales desérticos y pastizales primarios fueron dedicadas a otros usos o reemplazadas por comunidades secundarias, a un ritmo promedio de 484 mil hectáreas por año. En este periodo fueron los bosques primarios los que sufrieron las mayores afectaciones (2.6 millones de hectáreas en total), siendo eliminados o alterados a un ritmo de 293 mil hectáreas por año; la extensión total de selvas primarias afectadas en ese periodo fue de 836 mil hectáreas, a un ritmo de casi 93 mil hectáreas por año (Figura 2.2).

En general, han sido las selvas los ecosistemas terrestres del país que, a través de la historia, han sufrido las mayores transformaciones y afectaciones por las actividades humanas, tanto en la extensión que ha sido eliminada para dedicarla a otros usos del suelo (potencialmente unas 25 millones de hectáreas), como en la proporción que ésta representa de su probable extensión original (44.2%), como en la extensión de la perturbación que han experimentado (sólo el 35% de las selvas actualmente existentes son primarias). En segundo lugar se encuentran los matorrales desérticos, cuya extensión en el país se ha reducido de las aproximadamente 66.4 millones de hectáreas que se estima pudieron ocupar originalmente a sólo 51 millones de hectáreas en la actualidad (incluyendo comunidades primarias y secundarias). Esto es particularmente importante ya que las selvas y los matorrales desérticos son los ecosistemas que abrigan la mayor parte de la biodiversidad del país y, en particular, los matorrales desérticos concentran una gran cantidad de especies que son endémicas de México (ver Capítulo 4 **Biodiversidad**).

Además del desmonte o eliminación total de la cobertura vegetal silvestre de un terreno para dedicarlo a otros usos del suelo, otro proceso importante es la degradación de las comunidades naturales. De la década de los 1970's a 1993, los

bosques templados secundarios se incrementaron en poco más de 4 millones de hectáreas, una extensión ligeramente menor a la perdida por los bosques primarios durante el mismo periodo. Aunque la extensión de selvas secundarias aumentó en 3.2 millones de hectáreas, se perdieron 5.3 millones de hectáreas de selvas primarias, dando como resultado una pérdida neta global de 2 millones de hectáreas de selvas en ese periodo de 17 años. Más recientemente, en el periodo 1993 a 2002, la extensión de bosques templados aumentó en unas 2.2 millones de hectáreas, una superficie ligeramente menor a la perdida por los bosques primarios en el mismo periodo (2.7 millones de hectáreas). En contraste, las selvas tanto primarias como secundarias experimentaron una pérdida neta global de 835 mil hectáreas (Figura 2.2).

Por el contrario, los terrenos dedicados a la ganadería y la agricultura se han venido expandiendo continuamente a través de la historia. Hacia la década de los 1970's los pastizales dedicados a la ganadería ocupaban ya una superficie de más de 14 millones de hectáreas, en tanto que los terrenos agrícolas ocupaban unos 26 millones de hectáreas. De la década de los 1970's a 1993, este tipo de coberturas antrópicas aumentaron su extensión en 6.4 millones de hectáreas hasta cubrir una superficie total de 46.7 millones de hectáreas en 1993, a un ritmo de 376 mil hectáreas anuales. De 1993 al 2002, los pastizales cultivados o inducidos aumentaron su superficie en unas 117 mil hectáreas y, en conjunto, las áreas dedicadas a la agricultura y a pastizales destinados al ganado se incrementaron en casi 3 millones de hectáreas hasta alcanzar una extensión total de 49.7 millones de hectáreas en 2002.

La transformación de la vegetación hacia actividades agropecuarias es siempre más intensa si se trata de vegetación secundaria que de primaria. Este fenómeno de una primera degradación o alteración de la vegetación seguida por la eventual transformación a otros usos del suelo es, sin duda, responsable en gran medida de la elevada tasa de pérdida de la vegetación natural que se experimenta en México.



La dinámica de cambios entre diferentes usos puede visualizarse como un flujo de terrenos que pasan de una forma de uso o manejo a otra, como se ilustra esquemáticamente en la Figura 2.4. Utilizando como base este marco conceptual, es posible proyectar lo que podría suceder en el futuro de mantenerse o modificarse las tasas actuales de transformación. Los análisis muestran que si los procesos de cambio y transformación de la cobertura vegetal en el país siguiesen en el futuro mediato las mismas tendencias y ritmos que los observados durante el periodo 1993 a 2002 (que son las evaluaciones más recientes disponibles), entonces las superficies cubiertas por vegetación natural seguirían disminuyendo, la vegetación primaria se reduciría a menos de la mitad de la existente en 2002 y la superficie dedicada a actividades agropecuarias se duplicaría (Figura 2.5). Para lograr mantener en el mediano plazo una cobertura de vegetación silvestre con una extensión similar a la actual, sería menester que todas las tasas de deterioro (desmonte y alteración) ligadas a actividades humanas se redujeran en un 80% de sus valores actuales. Esta cifra no debe considerarse como un pronóstico exacto, sino como una aproximación teórica que ilustra lo alejadas que se encuentran las tendencias actuales de uso y transformación de la vegetación del país de aquellas que serían sustentables. Este análisis teórico revela también que no sólo la eliminación total de la cobertura vegetal de un terreno (desmonte o deforestación) es importante sino que también la alteración o degradación de la vegetación es un proceso clave que regula la dinámica de cambios en todo el sistema.

Procesos del cambio de uso del suelo

De los diferentes procesos que determinan el cambio en el uso del suelo algunos han recibido especial atención. Tal es el caso de la **deforestación**, que es el cambio de una cubierta dominada por árboles hacia una que carece de ellos. La **alteración** (también llamada degradación) implica una modificación inducida por el hombre en la vegetación natural, pero no un reemplazo total de la misma, como en el caso de la deforestación. La **fragmentación** es la transformación del paisaje dejando pequeños

parches de vegetación original rodeados de superficie alterada. El cambio de uso de suelo en matorrales no ha recibido un nombre específico, aunque a veces se le incluye bajo el rubro de **desertificación** en el sentido de que se trata de “degradación ambiental en zonas áridas (aunque la desertificación también incluye zonas subhúmedas)”. De acuerdo con la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, los matorrales de las zonas áridas y semiáridas del país son también vegetación forestal, por lo que bien se podría aplicar también el término deforestación, aunque para diversos órganos internacionales la deforestación se restringe a zonas arboladas.

Deforestación

El principal motivo de preocupación mundial en torno a la deforestación se refiere al calentamiento global y a la pérdida de los servicios ambientales que prestan los bosques y selvas. Los bosques proporcionan servicios de gran importancia: forman y retienen los suelos en terrenos con declive evitando la erosión; favorecen la infiltración de agua al subsuelo alimentando los mantos freáticos y también purifican el agua y la atmósfera (ver **Cambios de uso del suelo y servicios ecosistémicos** en el Capítulo 5 **Aprovechamientos de los recursos forestales, pesqueros y de la vida silvestre**). Además, son fuente de bienes de consumo tales como madera, leña, alimentos y otros “productos forestales no maderables” (alimentos, fibras, medicinas), cuya importancia para la industria y para los campesinos es muy elevada en México (FAO, 2000; GEO 3, 2002). Las comunidades vegetales dominadas por formas de vida arbórea constituyen, además, enormes reservas de carbono en forma de materia orgánica. Estimaciones recientes muestran que los bosques del planeta almacenan unas 280 gigatoneladas de carbono en la biomasa de los árboles (FAO, 2005). Este mismo trabajo señala que la suma total del carbono retenido en la biomasa forestal, en los árboles muertos, la hojarasca y el suelo, supera en alrededor de 50% la cantidad total de carbono contenido en la atmósfera (FAO, 2005). Al emplear el fuego para eliminar la cubierta forestal, ese carbono es liberado a la atmósfera donde contribuye al efecto invernadero.



Figura 2.4 Modelo del cambio¹ de uso del suelo. Los valores corresponden a la probabilidad (expresada en %) de que la superficie cubierta por un uso de suelo permanezca como tal (flechas en rojo) o cambie a otra condición (flechas de diferentes colores).

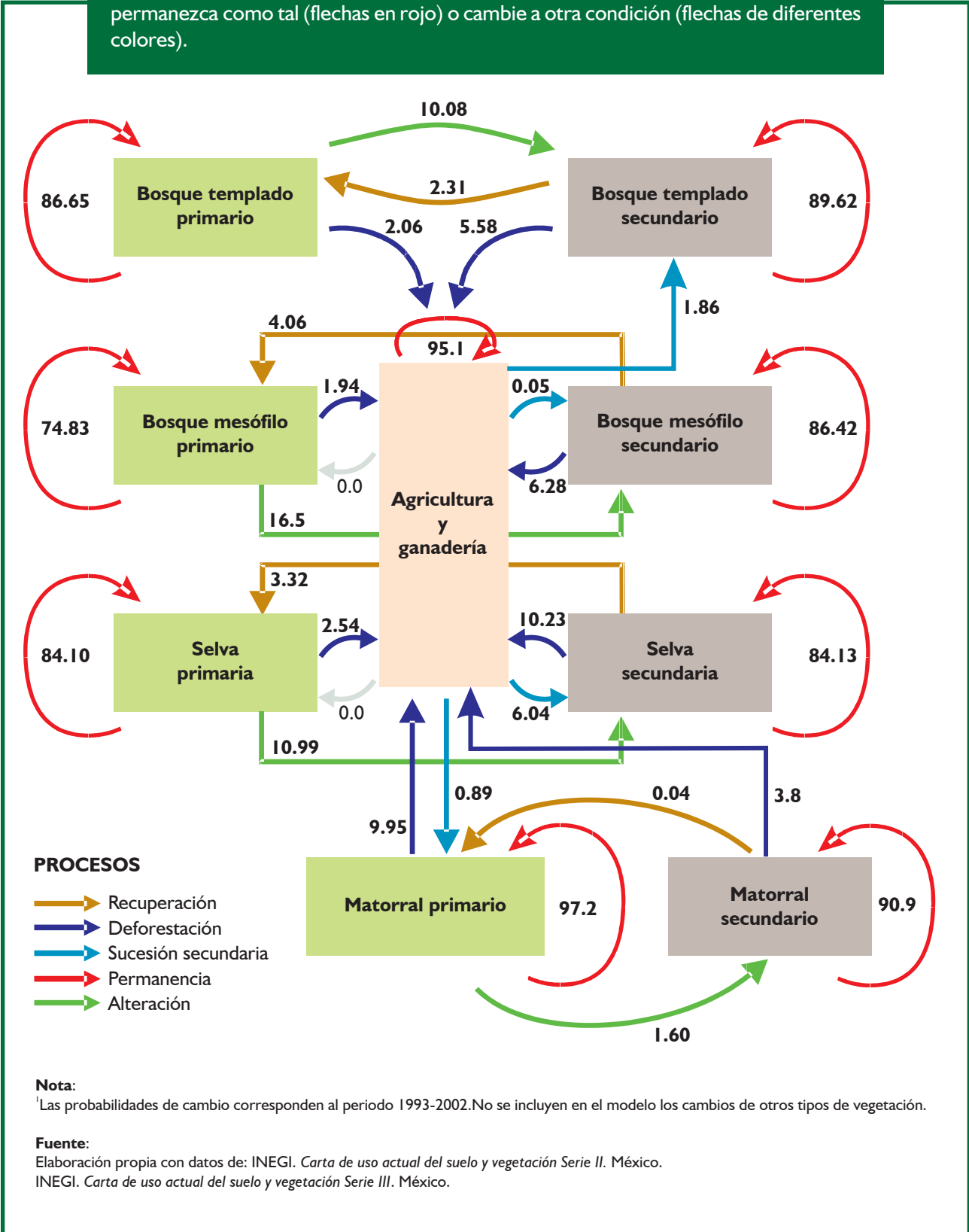
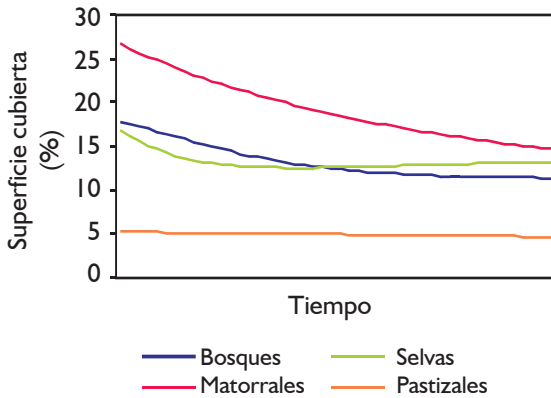


Figura 2.5 Cambio probable en el uso del suelo. Si se mantienen las mismas tendencias que en el periodo 1993-2002



Fuentes:
Elaboración propia con datos de: INEGI. *Carta de uso actual del suelo y vegetación Serie II.* México.
INEGI. *Carta de uso actual del suelo y vegetación Serie III.* México.

En 1996 se estimó que las emisiones de bióxido de carbono asociadas al cambio de uso del suelo representaban alrededor del 30% de las emisiones totales del país (según el inventario nacional de gases de efecto invernadero de 1996 que es el único en el que se han hecho estimaciones para el componente de cambio de uso del suelo). En el sentido inverso, la vegetación secuestra carbono de la atmósfera a través de la fotosíntesis, proceso que se reduce fuertemente cuando se retira la vegetación. El factor que más contribuye al fuerte “déficit ecológico” en la Huella Ecológica calculada para México (ver Capítulo I **Población**) es la carencia de superficie forestal suficiente para absorber nuestras emisiones de gases de efecto invernadero, lo que pone de manifiesto la importancia de la cobertura vegetal para el desarrollo sustentable.

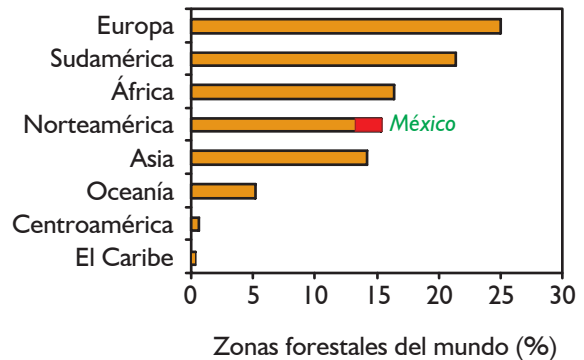
Un segundo motivo de preocupación en torno a la deforestación es su impacto negativo sobre la diversidad biológica del planeta. Al retirarse la cubierta forestal no sólo se elimina directamente a varias especies, sino que las condiciones ambientales locales se modifican seriamente. Bajo esas nuevas condiciones muchos organismos son incapaces de sobrevivir ya sea porque sus límites de tolerancia

son insuficientemente amplios, porque durante la deforestación se eliminan algunos de los recursos (e. g., alimenticios, refugios, sitios de anidación, etc.) que les son indispensables o bien, porque cambian las condiciones bajo las que interactúan con otras especies (e. g., a través de efectos de competencia específica) y pueden entonces ser desplazadas. En el caso de México, como país megadiverso, esta situación es particularmente importante.

De acuerdo con la definición de la FAO (que considera que una zona forestal es aquella que tiene al menos un 10% de su superficie cubierta por árboles), durante la última década del siglo XX hubo una pérdida neta anual de 8.9 millones de hectáreas de bosques y selvas en el mundo (la estimación de 9.4 millones de hectáreas publicada por la misma FAO en su reporte previo fue revisada y corregida considerando la nueva información disponible). Como resultado, hacia el año 2000 quedaban aún 3 mil 969 millones de hectáreas de bosques, de las cuales aproximadamente el 1.6% se conservaba en México (Figura 2.6).

A nivel mundial, África es la región donde se registran las mayores tasas de deforestación, seguida por América del Sur. Por el contrario, en Europa y Asia las existencias de bosques se están

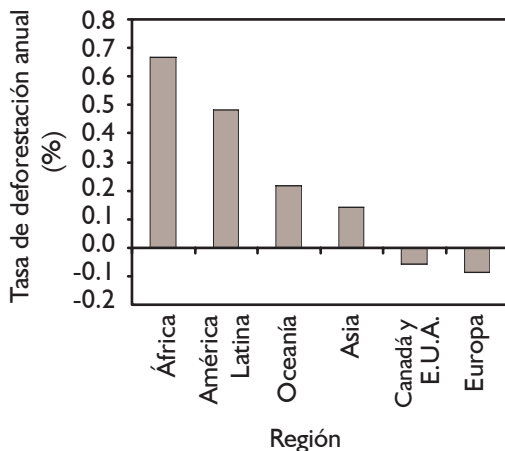
Figura 2.6 Proporción de las zonas forestales remanentes en diferentes regiones del mundo, 2000



Fuente:
FAO. *Global Forest Resources Assessment 2005.* FAO. 2005.

incrementando lentamente (Figuras 2.7 y 2.8). México es el único de los países miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) en el que los bosques siguen reduciéndose.

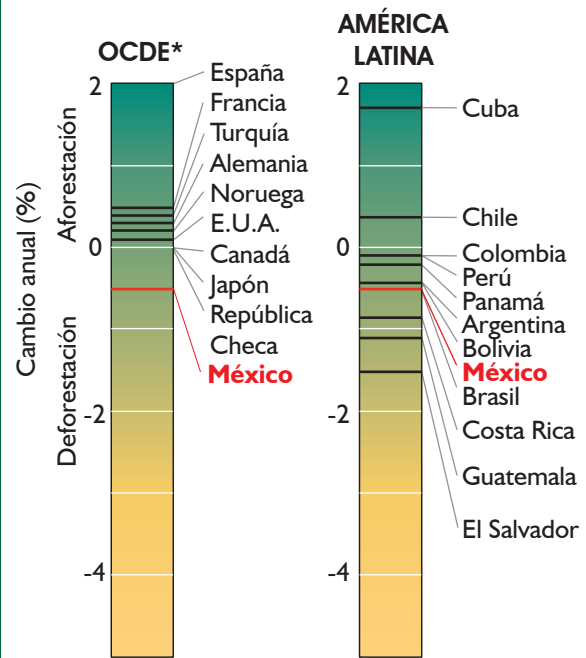
Figura 2.7 Tasas de deforestación en diferentes regiones del mundo, 2000



Fuente: FAO. *Global Forest Resources Assessment 2005*. FAO. 2005.

El tema de la deforestación en México se caracteriza por la gran disparidad en las estimaciones que diferentes fuentes arrojan sobre el tema. Tan sólo en la última década se han generado cifras que van desde 316 hasta cerca de 800 mil hectáreas al año (Figura 2.9). Las dos estimaciones más recientes de las tasas de cambio en el país son las obtenidas por el Instituto de Geografía de la UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México) para el periodo 1993-2000 (Velázquez *et al.*, 2002) y la elaborada recientemente por la Comisión Nacional Forestal (Conafor) para ser integrada a la FRA 2005 (FAO, 2005). La estimación de la UNAM se basó en comparar las existencias forestales hacia 1993 (de acuerdo con la *Carta de Uso Actual del Suelo y Vegetación Serie II* del INEGI) con las registradas en la *Carta de vegetación del Inventario Nacional Forestal 2000*, elaborada ex profeso por la misma UNAM con base en imágenes de satélite registradas en el año 2000. Por su parte, el reporte presentado por

Figura 2.8 México en el mundo: tasas de deforestación 1990-2000 para diferentes regiones



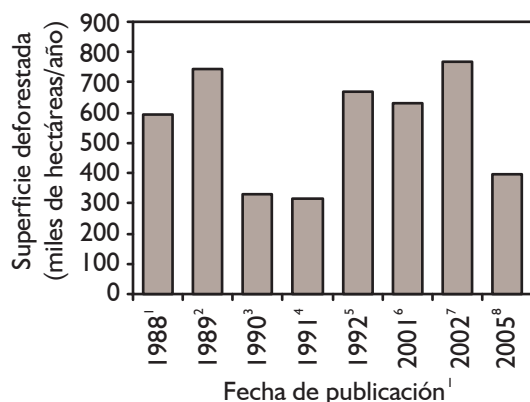
* La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) es una institución internacional que reúne a los 30 países más industrializados del mundo, principalmente europeos.

Fuente: Elaboración propia con datos de: FAO. *Global Forest Resources Assessment 2005*. FAO. 2005.

la Conafor a la FAO se basó en una comparación espacialmente explícita de las áreas con vegetación forestal registradas también en la *Carta de Uso Actual del Suelo y Vegetación Serie II* del INEGI y en una versión preliminar de la *Carta de Uso Actual del Suelo y Vegetación Serie III* elaborada también por el INEGI con base en imágenes de satélite registradas en el año 2002.

La estimación de la UNAM indica que, durante el periodo 1993-2000, la pérdida de bosques y selvas en nuestro país ocurrió a razón de 776 mil hectáreas por año (1.14% anual). En contraste, la estimación hecha por la Conafor es de 348 mil hectáreas anuales para el periodo 1990-2000. Una diferencia muy importante entre estas dos

Figura 2.9 Estimaciones de deforestación en México. Las diferencias entre fuentes se deben sobre todo al empleo de diferentes criterios y métodos



Nota:

¹Estas estimaciones sólo incluyen bosques y selvas, a pesar de que algunas fuentes reporten también superficies para matorrales.

Fuentes:

Elaboración propia con datos de: ¹Poder Ejecutivo Federal. Programa Forestal y de Suelo 1995-2000. México. 1996. Con base en la FAO, 1988; ²Castillo et al., 1989; ³SARH, 1990 (modificado para excluir bosques abiertos); ⁴SARH, 1991; ⁵Masera et al., 1992; ⁶FAO. Global Forest Resources assessment 2000. Roma. 2001; ⁷Velázquez, A., J. F. Mas, G. Bocco, y E. Ezcurra. Patrones y tasas de cambio de uso del suelo en México. *Gaceta Ecológica* 62: 21-37. 2002; ⁸FAO. *Global Forest Resources Assessment 2005*. FAO.

comparaciones es que la estimación de la Conafor se basó en el criterio de la FAO que considera a una superficie como deforestada sólo cuando ha sido transformada a otro uso del suelo tal como agricultura, pastura, reservorios de agua o áreas urbanas. Esta definición de deforestación es diferente a la utilizada en el estudio de la UNAM que se basa en la diferencia neta entre las superficies cubiertas por vegetación arbórea (e. g., bosques y selvas) en 1993 y el año 2000 (ver **Inventarios forestales y tasas de deforestación**). Dadas estas diferencias en las formas de estimación es importante considerar no sólo la cifra sino el contexto para interpretar adecuadamente la información. Las dos estimaciones anteriores indican que, a lo largo de la última década, en el país se perdieron entre 3.5 y 5.5 millones de hectáreas de bosques y selvas, siendo la vegetación primaria la que mostró las mayores pérdidas.

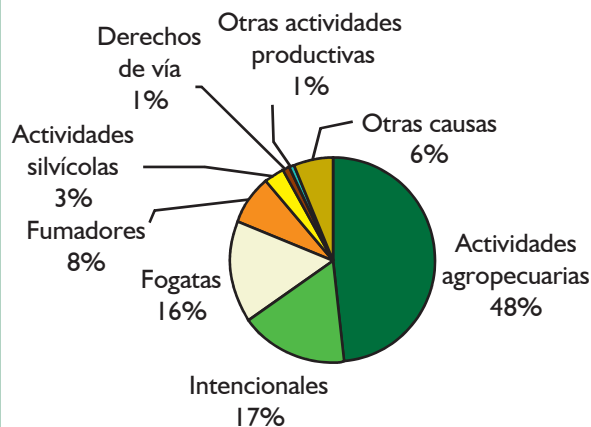
La deforestación depende de varios factores, pero uno muy importante es el económico, donde se favorecen las actividades que permiten la mayor ganancia a corto plazo. La explotación de madera para satisfacer el mercado impulsa la deforestación de bosques, principalmente los dominados por una sola especie, lo que hace rentable su explotación intensiva a pesar de que los precios sean relativamente bajos. Los modelos económicos predicen que los precios de la madera promueven el cambio de uso del suelo cuando son altos –pues entonces se deforesta para vender– o cuando son bajos –pues entonces no hay ningún incentivo para conservar el área forestal. Asimismo, el aumento de los precios de los productos agropecuarios provoca deforestación, pues entonces los usos no forestales del suelo son más redituables (Cemda-Céspedes, 2002).

Asimismo, un bosque tiene poco valor económico cuando la extracción selectiva lo ha desprovisto de los árboles más cotizados. Aunque esta actividad no retira de manera inmediata la cubierta forestal, su secuela sí es la deforestación ya que los productores pueden obtener un mayor beneficio económico al eliminar los bosques empobrecidos y emprender otras actividades productivas en estos predios. Esta lógica permite explicar porqué los bosques y selvas perturbados son luego desmontados y convertidos a terrenos dedicados a actividades agropecuarias en mayor proporción que la vegetación primaria. La alteración seguida por la deforestación es la ruta de cambio de uso del suelo más frecuente en México, especialmente cuando se trata de selvas (Cemda-Céspedes, 2002).

Igual como sucede a nivel mundial, en México las actividades agropecuarias han sido identificadas como las mayores responsables de la deforestación, seguidas en importancia por los desmontes ilegales (aunque las cifras sobre esta actividad son necesariamente incompletas y con grandes diferencias dependiendo de la fuente que se consulte). Los incendios forestales también son una causa importante que promueve la deforestación; de éstos prácticamente la mitad se relacionan con actividades agropecuarias tales como la roza, tumba y quema o

la renovación de pastizales por fuego. A menudo, una zona que ha sufrido un incendio no se recupera puesto que es inmediatamente ocupada para otros usos como el agropecuario o el urbano. Por esta razón, una fracción importante de los incendios son provocados clandestinamente para invadir zonas de bosques protegidas por la ley o por las instituciones locales. Los incendios accidentales que fogatas y fumadores provocan irresponsablemente generan un porcentaje importante de conflagraciones (Figura 2.10).

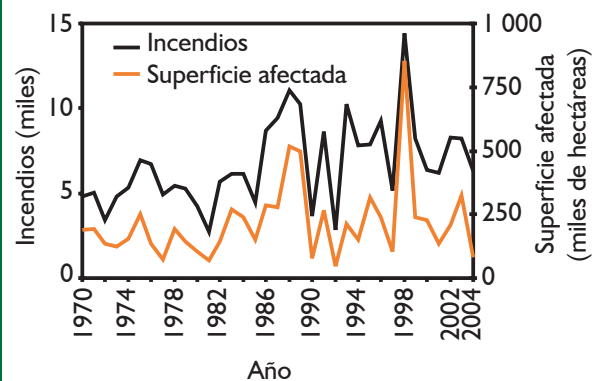
Figura 2.10 Causas más frecuentes de los incendios forestales en México, 2001



Fuente: Conafor. México. 2005. Disponible en: http://www.conafor.gob.mx/programas_nacionales_forestales/incendios/#causas_incendio. Revisada el 22 de noviembre de 2005.

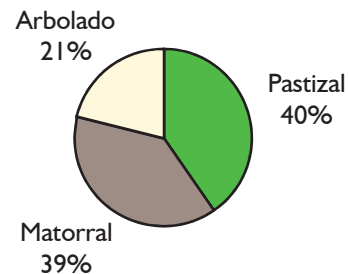
El número de incendios ocurridos en México y la superficie siniestrada por ellos han aumentado en forma sostenida a lo largo de los últimos treinta años (Cuadros D3 RFORESTA05 01 y D3 RFORESTA05 02, Figura 2.11). Del total de la superficie afectada cerca de una quinta parte es de bosques y selvas (Cuadro D3 RFORESTA05 03, Figura 2.12). La intensificación de los incendios se debe a una combinación de factores internos y externos. Por ejemplo, algunas prácticas de combate de incendios forestales buscan simplemente impedir la ocurrencia de toda clase de fuegos. Esto provoca que el material combustible (hojas, ramas secas, etc.) se acumule y, cuando finalmente se presenta un

Figura 2.11 Incendios y superficie afectada, 1970-2004



Fuente: Conafor. México. 2005.

Figura 2.12 Superficie incendiada según tipo de vegetación en México, 1998-2004



Fuente: Conafor. México. 2005.

incendio no controlable, la conflagración adquiere dimensiones mayores. También se ha observado que algunos fenómenos meteorológicos pueden estar relacionados con los incendios. En Yucatán, los huracanes de gran magnitud generalmente van seguidos por grandes siniestros, como sucedió en Sian Ka'an en 1989 tras el huracán Gilberto (López-Portillo et al. 1990) o como podría ocurrir tras los huracanes Stan y Wilma que afectaron extensas zonas boscosas de la Península de Yucatán y de Chiapas en el año 2005. También de gran importancia es el fenómeno oceánico y meteorológico conocido como "El Niño", que provoca sequías y aumento de la temperatura en México (ver *El Niño promueve los incendios forestales*).

El Niño promueve los incendios forestales

Cada tres a siete años las corrientes oceánicas del Pacífico sufren alteraciones que modifican el clima mundial. Cuando en las costas de América el océano se calienta se dice que se presenta un año de El Niño.

Entre sus consecuencias más dramáticas se encuentra la sequía en el –típicamente–húmedo sudeste de Asia, y las lluvias torrenciales en la –también típicamente–hiperárida costa peruana. Este patrón invertido de lluvias tiene efectos importantes sobre los ecosistemas terrestres. Son los años en los cuales las plantas de los desiertos pueden establecerse, mientras que en los ecosistemas húmedos la reproducción se reduce. En estos últimos sitios es común que se presenten incendios debido a la sequía. La magnitud del cambio climático es tan grande que los incendios del sudeste asiático durante El Niño de 1997-1998 incrementaron sustancialmente la cantidad de bióxido de carbono en la atmósfera del planeta.

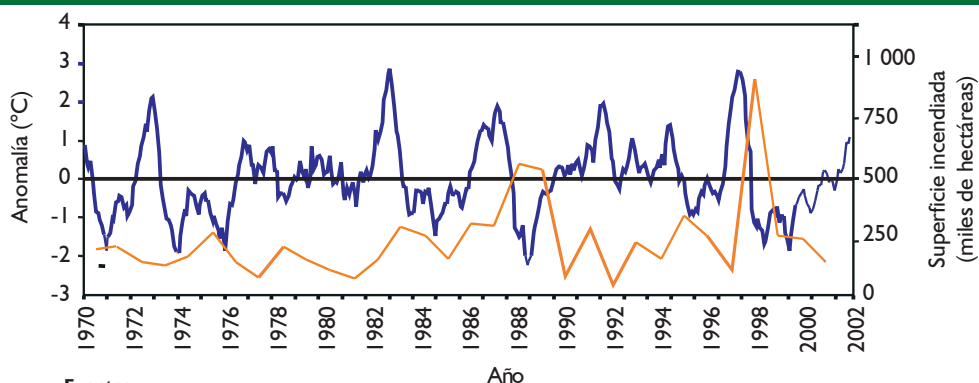
En México se ha sugerido que El Niño es uno de los factores causantes de los incendios forestales. Efectuando un análisis sencillo se encuentra que la intensidad de

este fenómeno (medida como la máxima anomalía mensual en la temperatura en el centro del Océano Pacífico) explica una buena parte de la superficie incendiada en México, sobretodo si se considera la intensidad del fenómeno durante dos años consecutivos (medida como el producto de las anomalías): El Niño es capaz de explicar casi la mitad de la variación en la frecuencia de incendios.

En los últimos 30 años, los episodios de incendios de enorme magnitud ocurrieron en 1988 y 1998, cuando el océano permaneció caliente durante los primeros meses del año tras un fuerte evento de El Niño en el año previo (**Figura a**). Esta coincidencia exagera la intensidad y duración de la sequía y puede provocar incendios de proporciones catastróficas. Algunos investigadores sostienen que el calentamiento global probablemente esté detrás de la frecuencia con la que se ha presentado El Niño en los últimos 20 años. De ser así, es previsible que México sufra sequías intensas en el futuro, con los consecuentes incendios forestales.

Fuente:
Modificado de: *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales 2002*. México, 2003.

Figura a Anomalía en la temperatura del Pacífico (en azul) y superficie incendiada en México (en rojo), 1970-2002. Anomalías positivas indican que la temperatura del mar está por encima de lo normal y que se trata de un año de “El Niño”. Nótese como tras una anomalía prolongada e intensa se presentan fuertes incendios, especialmente en los últimos años.



Fuentes:

Hasta 1998: Semarnap, Subsecretaría de Recursos Forestales. 1999. México.

Para 1999-2001: Semarnat, Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, 2002. México.



Alteración de bosques y selvas

Un proceso menos visible pero tal vez igualmente importante por sus efectos ambientales y económicos es la degradación o alteración de los bosques y selvas. Aunque este proceso no implica la remoción total de la cubierta arbolada (como sucede en la deforestación), sí puede implicar cambios importantes tanto en la composición específica como en la densidad de las especies que ahí habitan lo que, a su vez, afecta la estructura y funcionamiento de estas comunidades naturales. La alteración de los ecosistemas naturales tiene también efectos negativos directos sobre los servicios ambientales y con ello, sobre la posibilidad de un aprovechamiento sostenible por parte de las sociedades.

De acuerdo con la evaluación global más reciente de los recursos forestales (FAO, 2005), sólo el 36% de los bosques remanentes en el mundo son primarios y se están perdiendo a una tasa de 6 millones de hectáreas anuales. El caso de México es también preocupante, ya que actualmente sólo el 44% de la superficie del país está cubierto por vegetación primaria o con poca perturbación apreciable (de acuerdo con la *Carta de Uso Actual del Suelo y Vegetación Serie III*), en tanto que la vegetación secundaria ha venido aumentando a ritmos superiores a las 170 mil hectáreas por año (durante el periodo 1993–2002), siendo los bosques templados los que han sufrido una degradación más intensa (superior a las 250 mil hectáreas anuales).

Tanto la deforestación como la alteración afectan negativamente a los bienes y servicios que proveen los ecosistemas naturales. El considerar de manera conjunta a la deforestación y la alteración permite obtener una evaluación aproximada del ritmo de “deterioro” global de la vegetación. De la década de los 1970's al 2002, la tasa anual de deterioro (deforestación + degradación) de los bosques y selvas fue de 518 mil hectáreas por año, tres veces superior a la tasa de deforestación *sensu stricto* (158 mil hectáreas por año). Esta cifra pone de manifiesto el impacto que los procesos de alteración tienen sobre nuestro territorio y, a pesar de ello, generalmente no se les da la importancia debida.

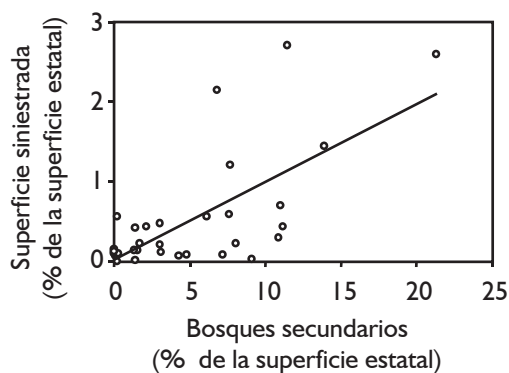
La vegetación secundaria que cubre actualmente grandes extensiones del territorio nacional es el resultado tanto de la regeneración de sitios que fueron previamente deforestados, como del deterioro (sin remoción completa de árboles) de la vegetación primaria. Sin embargo, no se cuenta con datos suficientes para cuantificar la importancia relativa de cada vía.

La forma de alteración más semejante a la deforestación es la extracción selectiva de maderas. A diferencia de los bosques templados, en cada hectárea de selva coexisten decenas de diferentes especies de árboles, la mayoría de las cuales carecen de mercado, por lo que su aprovechamiento no es redituable. Dispersas entre estos árboles crecen árboles de maderas preciosas como la caoba (*Swietenia*) y el cedro rojo (*Cedrela*), que son taladas sin aprovechar las plantas circundantes. Otra forma de explotación de la madera es la extracción de árboles o ramas para obtener leña. A pesar de que la prohibición local de cortar leña en pie es común en México, la práctica subsiste debido a la necesidad del combustible. Una quinta parte de los habitantes del país utilizan leña para cocinar y, aunque no se tiene una estimación precisa sobre la cantidad total de leña consumida, la superficie de la que ésta se extrae debe ser muy grande. Además del daño directo provocado por la extracción de leña y maderas preciosas, durante el proceso de tala de un árbol como la caoba se dañan entre el 30 y el 50% de los individuos adyacentes (Kartawinata, 1979 en Challenger, 1998), provocando su muerte o haciéndolos más susceptibles al ataque de plagas y enfermedades.

Aunque la ganadería extensiva es más frecuente en matorrales, también tiene lugar en los bosques y selvas, afectando grandes superficies. El ganado ejerce un impacto directo a través del pisoteo y el consumo de plantas. Estas alteraciones perturban a su vez al ciclo hidrológico, al suelo y a la vegetación en su conjunto, trayendo como consecuencia mayor susceptibilidad a la erosión, pérdida de biodiversidad -o al menos cambios en la composición de las comunidades de plantas- y riesgo de incendios. La reducción de la cubierta vegetal provoca cambios

en el microclima –que se vuelve más seco y caliente– debido al incremento en la radiación solar hacia el interior del bosque y a una mayor facilidad para el paso del viento. Si a esto se suma que actividades como la obtención de leña que incrementa la cantidad de materia combustible en el suelo, las condiciones están dadas para los incendios forestales. Durante el evento de El Niño de 1997-1998 en Indonesia se pudo corroborar que la vegetación alterada se incendió espontáneamente con mucha mayor frecuencia que las selvas primarias (Page *et al.*, 2002). Lo mismo ocurrió en México. La superficie estatal afectada por incendios durante el evento de El Niño de 1997-1998 está estrechamente correlacionada con la extensión de bosques secundarios existentes en la entidad; de hecho, este factor explica (en sentido estadístico) 46.5% de las diferencias entre los estados en cuanto a la superficie siniestrada por incendios. Aquellos estados que carecían de bosques secundarios prácticamente no sufrieron los efectos de El Niño (Figura 2.13).

Figura 2.13 Relación entre la alteración de los bosques y selvas y los incendios en México, 1998. Los estados sin bosques o selvas alteradas apenas sufrieron los efectos de El Niño de 1998; por el contrario, las entidades con más vegetación secundaria fueron las más afectadas



Fuentes:
 Elaboración propia con datos de: Semarnat. *Inventario Forestal Nacional 2000*. México. 2001.
 Semarnat, Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental. México. 2002.

La alteración o degradación de la vegetación se acelera con el tiempo, debido a que los procesos que intervienen interactúan unos con otros en forma sinérgica. Sus resultados pueden ser despreciables en un inicio, pero la sinergia acelera las tasas de cambio hasta que se desencadenan procesos irreversibles de deterioro. La vegetación secundaria es deforestada a una tasa superior que la primaria; los accesos abiertos para la extracción de maderas preciosas sirven después a campesinos y ganaderos para colonizar nuevas zonas; la ganadería extensiva provoca erosión; la corta de leña promueve incendios; la vegetación perturbada es mucho más susceptible a las catástrofes naturales (como huracanes, sequías o incendios) que la vegetación primaria. Mientras que la deforestación es típicamente una forma de disturbio agudo, la alteración corresponde a la forma crónica, cuyos efectos son acumulativos, sinérgicos, y cada vez más veloces, hasta volverse irreversibles (ver **Cambios catastróficos en ecosistemas**).

Degradación de matorrales

Los matorrales, huizachales y mezquiales que caracterizan a las zonas áridas de México también han sido deteriorados por el hombre. Sin embargo, en muchos casos no se da la importancia debida a la degradación de estos tipos de vegetación ya que se les considera más un problema que un recurso. Es frecuente la concepción errónea de que los desiertos son un producto indeseable de las actividades humanas y a menudo se habla de “convertir el desierto en un vergel” a fin de remediar sus pobres condiciones. Por el contrario: los desiertos mexicanos son ecosistemas ricos en especies, muchas de ellas endémicas.

El ritmo con el que los matorrales desérticos son transformados a otros usos del suelo es aún más difícil de evaluar que la deforestación (Figura 2.14). De acuerdo con los inventarios nacionales, los matorrales constituyen el ecosistema que más lentamente está siendo transformado a otros usos y que se preserva, por tanto, en mayor proporción como vegetación primaria (92% en el año 2002, según la *Carta de Uso Actual del Suelo y Vegetación Serie III*). No obstante, en términos absolutos, este

Cambios catastróficos en ecosistemas

El manejo de los ecosistemas, rehabilitación, restauración han significado todo un reto para los académicos y autoridades ambientales. En muchas ocasiones los resultados de los programas de restauración no sólo no son como se planearon sino que el resultado puede ser completamente distinto, ¿por qué sucede esto?

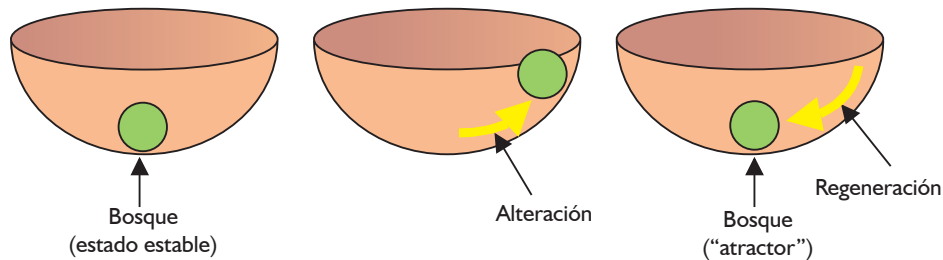
La respuesta quizás puede encontrarse en las propiedades de estabilidad de los ecosistemas. La estabilidad está compuesta por dos componentes: la *resiliencia* o rapidez con la que el sistema regresa a sus condiciones originales; y la *resistencia*, que es la capacidad del sistema para soportar disturbios (Wu y Loucks, 1995). Estas propiedades son parte de un concepto muy amplio conocido como *equilibrio*, que ha servido como marco de referencia obligado al estudiar ecosistemas.

A pesar de que la idea de que los ecosistemas pueden cambiar abruptamente de un estado a otro fue propuesta hace mucho, no existía evidencia empírica que lo sustentara. Ahora existe suficiente evidencia para reconocer que existen los llamados estados alternativos en los ecosistemas. Las comunidades biológicas pueden ser visualizadas como canicas en un cuenco.

Cuando están en el fondo del cuenco se encuentran en un estado estable. Este podría ser el caso de una comunidad estable (climax) como un bosque maduro, el cual no cambia sensiblemente a lo largo del tiempo. Alguna perturbación, como sería el caso de las actividades humanas, alteran a la comunidad y la sacan de su estado estable. Sin embargo, cuando la presión cesa, la canica regresa naturalmente a su estado inicial, que por ello se conoce como “atractor”. Así, la comunidad tiene un proceso de regeneración (sucesión secundaria) que se encarga de devolver la vegetación a su estado clímax de bosque maduro (**Figura a**).

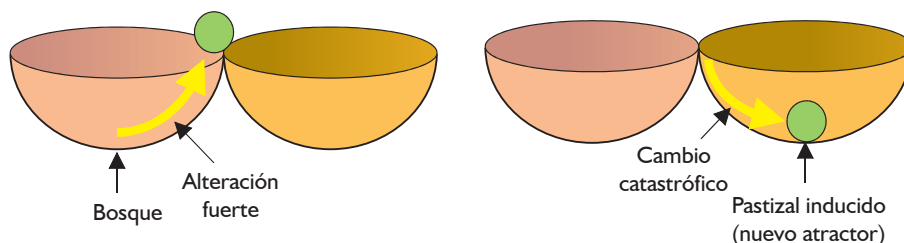
Una alteración sumamente fuerte es equivalente a alejar al ecosistema de su estado inicial. En estos casos se corre el riesgo de sacar la canica del cuenco y hacerla entrar en otro distinto. Una vez que esto sucede ya no importa si se sigue empujando la canica, ésta continuará desplazándose hasta llegar al nuevo atractor (**Figura b**). A este proceso se le conoce como cambio catastrófico, pues el ecosistema llega a un nuevo estado estable, totalmente diferente del original: tal vez un pastizal en vez de un bosque. Además, ya no importa si se suspenden las actividades que generaron la alteración en un principio: la canica no volverá por sí sola al cuenco original.

Figura a Efecto de perturbaciones pequeñas y/o breves en la vegetación. Tras una perturbación, la vegetación vuelve a su condición original de la misma manera que una canica en un cuenco regresa al fondo del mismo.



Cambios catastróficos en ecosistemas (continuación)

Figura b Efecto de una perturbación intensa o sostenida. El ecosistema puede verse tan alterado que se degradará súbitamente y llegará a un nuevo estado del cual no se recuperará, a pesar de que el factor que provocó el disturbio desaparezca.



La respuesta de un ecosistema al disturbio en la realidad es un proceso más complejo que depende de las características del disturbio, pero también de las propiedades dinámicas de aquél. Puede suceder que las características de un ecosistema cambien de manera gradual como respuesta a cambios graduales de las condiciones externas a él, pero también puede ocurrir que el ecosistema se mantenga inalterado ante los cambios del entorno y repentinamente, al llegar las condiciones a algún valor umbral, el ecosistema se modifique de modo abrupto y sorpresivo (utilizando el ejemplo de los cuencos, significaría que éstos no son tan simétricos ni lisos). Estas “transformaciones catastróficas” (Sheffer *et al.*, 2001) pueden ocurrir en ecosistemas muy contrastantes, pero tienen algunas características compartidas: 1) el contraste entre estados del ecosistema se debe a desplazamientos en las dominancias relativas de organismos con formas de vida diferentes, 2) el cambio abrupto entre estados es disparado por eventos estocásticos, como incendios, condiciones climáticas extremas, o infestaciones de patógenos, 3) los ciclos retroalimentados que estabilizan a los estados alternos involucran mecanismos biológicos y físicos.

Regresando a la pregunta original, sobre el porqué generalmente no se logran resultados satisfactorios en los proyectos de restauración, la respuesta puede estar en el hecho de que los ecosistemas degradados también pueden ser estados estables, y tienen ciclos retroalimentados que los mantienen e impiden que se puedan transformar (Suding *et al.*, 2004). Paradójicamente, una posible solución para romper los ciclos que dan resiliencia a los ecosistemas degradados, puede ser perturbar fuertemente el sistema para que puedan entrar en actividad los ciclos que dan resiliencia a los estados del ecosistema que se desean fomentar (Suding *et al.*, 2004). En el caso del ejemplo de los cuencos, la solución sería perturbarlo hasta llevarlo nuevamente a la cuenca de atracción del estado base, aunque siempre existe el riesgo de que se lleve a otro estado diferente.

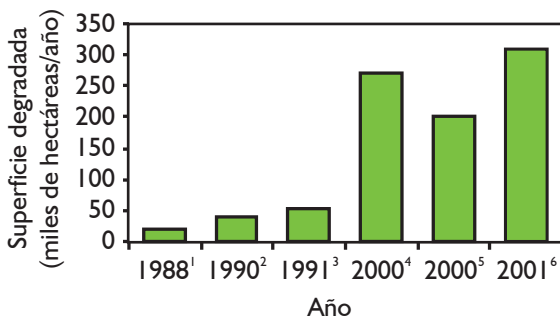
Fuentes:

Scheffer, M., S. Carpenter, J.A. Foley, C. Folke y B. Walker. Catastrophic shifts in ecosystems. *Nature* (4)413: 591-596. 2001.

Suding, K.N., K.L. Gross y G.R. Houseman. Alternative states and positive feedbacks in restoration ecology. *Trends in Ecology and Evolution* 19(1): 46-53. 2001.

Wu, J. y O.L. Loucks. From balance of nature to hierarchical patch dynamics: a paradigm shift in ecology. *The Quarterly Review of Biology* 70(4): 439-465. 1995.

Figura 2.14 Estimaciones de las tasas de degradación de matorrales en México



Fuentes:

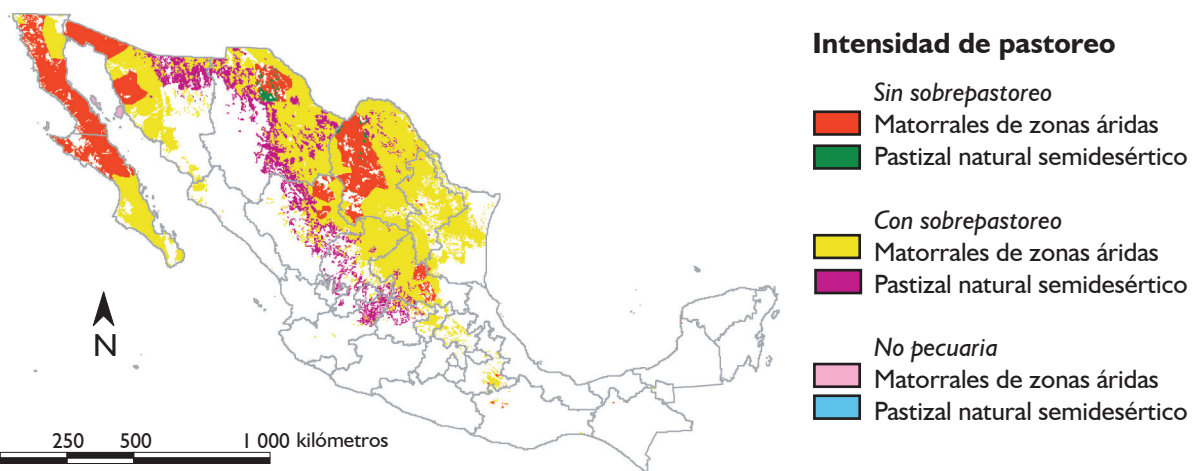
Elaboración propia con datos de: Poder Ejecutivo Federal. Programa Forestal y de Suelos 1998-2000. 1996, con base en la FAO, 1988; ²SARH, 1990 y ³SARH, 1991; ⁴Semarnat. Informe de la Situación del Medio Ambiente en México: compendio de Estadísticas Ambientales 2002. Semarnat. México. 2003; ⁵FAO. Global Forest Resources Assessment 2005. FAO; ⁶Velázquez, A., J. F. Mas, G. Bocco, y E. Ezcurra. Patrones y tasas de cambio de uso del suelo en México. Gaceta Ecológica 62: 21-37. 2002.

nivel de degradación no es despreciable ya que los matorrales secundarios ocupan 41 mil kilómetros cuadrados, una extensión similar a la de Yucatán o Quintana Roo.

El matorral adquiere una gran diversidad de

formas aún dentro de un espacio reducido. La vegetación que es resultado de la alteración en un sitio puede ser perfectamente natural en otro. Por ello es sumamente difícil reconocer cómo debió ser la vegetación primaria de un sitio dado, o si se trata de una localidad con vegetación secundaria; la dificultad es aún mayor si las evaluaciones se hacen con base en métodos de percepción remota y no se cuenta con estudios directos en el campo. Considerando que la gran mayoría de los matorrales se emplean para la ganadería, un análisis realizado por el Instituto Nacional de Ecología (INE) utilizando técnicas alternativas para determinar la degradación, muestra que en muchos municipios del país el número de cabezas de ganado rebasa la capacidad máxima del ecosistema y que el 70% de los matorrales están sobreexplotados y, por tanto, en proceso de degradación. Esta cifra es muy diferente del 7% a 10% de matorrales secundarios que describen las *Cartas de Uso Actual del Suelo y Vegetación serie I* (para la década de los 1970's), *Serie II* (para 1993) y *Serie III* (para 2002). Según el estudio del INE, sólo los matorrales del oriente de Coahuila, el Desierto de Altar y de la porción central de la península de Baja California no se encuentran sobrepastoreados. El sobrepastoreo afecta también al 95% de los pastizales naturales de México, que predominantemente crecen en el norte árido de la república (Mapa 2.6). La Semarnat con base al

Mapa 2.6 Intensidad del pastoreo en matorrales y pastizales naturales



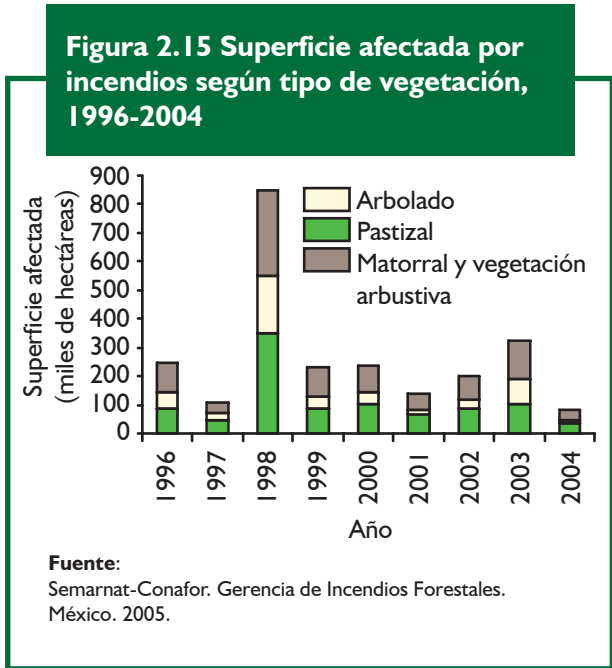
Fuente:

Semarnat-INE. Dirección General de Ordenamiento y Conservación de Ecosistemas. 2003.

estudio de la degradación del suelo causada por el hombre (Semarnat-Colegio de Posgraduados, 2002) realizó una estimación del nivel de sobrepastoreo por entidad federativa del país (Mapa 2.7); el estudio señala que la superficie afectada por sobrepastoreo es de unas 47.6 millones de hectáreas ó 24% de la superficie nacional y aproximadamente 43% de la superficie dedicada a la ganadería en el país (ver Figura 3.18 en el Capítulo 3 **Suelos**).

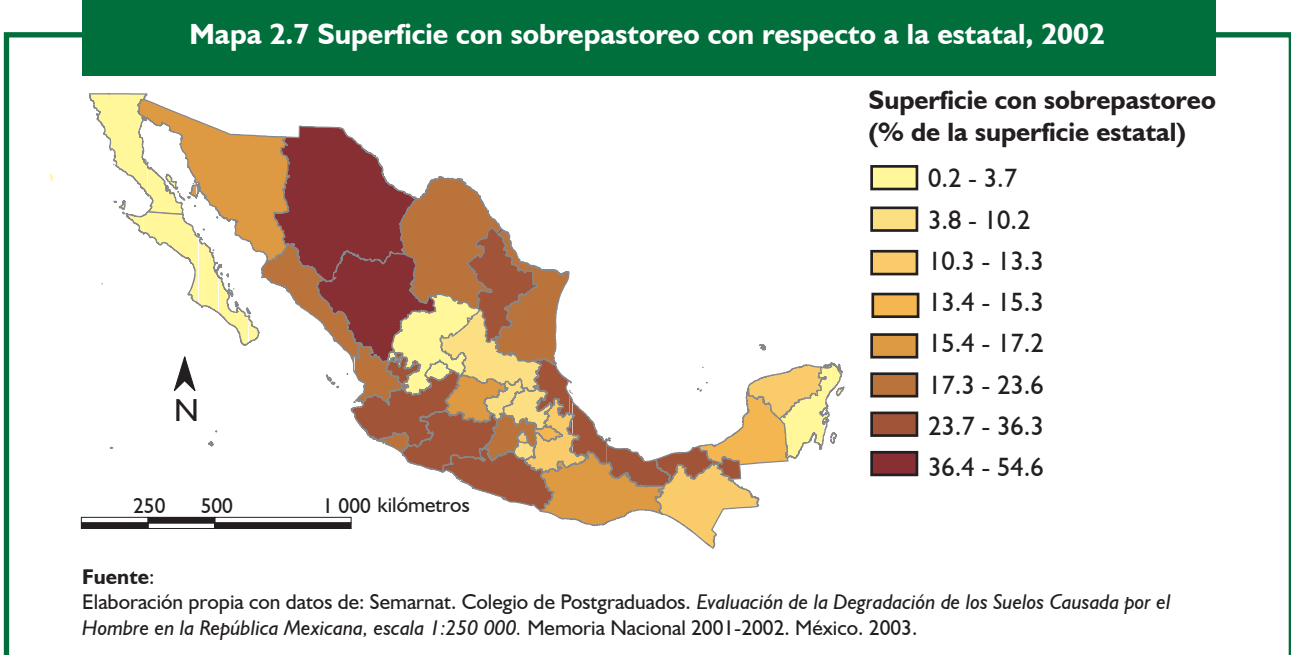
Aunque el tema de los incendios generalmente evoca las imágenes de bosques en llamas que han difundido los medios, la mayor parte de la superficie afectada comúnmente corresponde a pastizales, matorrales y vegetación arbustiva. La superficie arbolada afectada no ha sobrepasado de 30% de la superficie total afectada por incendios en el país en los últimos años (Figura 2.15).

Los matorrales desérticos son ecosistemas sumamente frágiles. Los ritmos ecológicos de los desiertos son de los más lentos del mundo, razón por la que los efectos de las actividades humanas tardan mucho tiempo en ser borrados del ecosistema y van, por tanto, acumulándose a través del tiempo. Consecuentemente, la vegetación de las zonas secas es muy susceptible a los procesos de alteración y degradación, ya que los procesos de



aceleración y sinergia típicos del disturbio crónico son muy intensos; de hecho reciben un nombre especial: desertificación.

Cuando se altera la cubierta vegetal de un desierto, las condiciones ambientales se vuelven aún más secas y las temperaturas máximas se tornan más altas. Las plantas y animales que pueden medrar en estos ambientes modificados corresponden





a zonas aún más áridas, por lo que el sitio parece aún más desértico que antes. De ahí el término desertificar, “hacer desiertos”. Este modelo se ha tratado de aplicar a otros ecosistemas. Por ejemplo, se ha propuesto que en buena medida los eriales libaneses son resultado de la desertificación. Es difícil saber hasta qué punto los proverbiales bosques de cedro del Líbano desaparecieron como producto de la actividad humana o bien debido a tendencias históricas naturales. La definición más aceptada de desertificación incluye estas posibilidades y señala que “la desertificación es la degradación ambiental en zonas áridas, semiáridas y sub-húmedas secas como resultado de diferentes factores, incluyendo las variaciones climáticas y las actividades humanas” (Conferencia de las Naciones Unidas para el Combate a la Desertificación). La degradación implica tanto a la cubierta vegetal como a los suelos que la soportan; el tema de degradación del suelo se analiza en el Capítulo 3 **Suelos**.

Fragmentación

Cuando se elimina la vegetación original de una zona, con frecuencia quedan pequeños manchones intactos inmersos en una matriz sumamente degradada. Las barrancas y las cúspides de cerros y montañas constituyen los únicos remanentes de vegetación que quedan en muchas regiones de México. Cada una de estas “islas” de vegetación generalmente alberga a un número menor de sus especies nativas que una superficie equivalente embebida dentro de una gran extensión de vegetación ininterrumpida. Esto se debe a que varias de las especies nativas son incapaces de vivir en los fragmentos pequeños y a que numerosos procesos de degradación tienen lugar en los bordes (ver **La amenaza de la fragmentación**). Por estas razones, cuando se busca conservar la vida silvestre no basta conocer la superficie que abarca la vegetación. No es lo mismo contar con una gran masa selvática de 100 mil hectáreas que con cien fragmentos de mil hectáreas cada uno. Sin embargo, pocos esfuerzos se han hecho para reconocer la magnitud del problema. Un trabajo pionero ha elaborado las primeras estimaciones para selvas y bosques a nivel mundial. Las cifras son alarmantes: apenas el 35% de la superficie arbolada no está fragmentada (formando zonas continuas de más de

80 kilómetros cuadrados) ni sufre efectos de borde (se encuentra a más de 4.5 kilómetros de un borde). Si bien en Norte y Centroamérica la proporción es mayor (45%), tomando sólo los datos para los tipos de vegetación que hay en México, la cifra desciende a 33%. Las selvas constituyen los ecosistemas más fragmentados (Ritters *et al.*, 2000) (Figura 2.16).

Los datos más detallados sobre fragmentación para el caso de México proceden del Inventario Forestal Nacional Periódico de 1994. De acuerdo con dicha fuente, el 18% de las masas forestales mexicanas están fragmentadas (Mapa 2.8), y nuevamente son las selvas las más afectadas.

Factores relacionados al cambio de uso del suelo

Se han propuesto diferentes hipótesis sobre qué factores son los responsables del cambio de uso del suelo. La más común y simple sostiene que el crecimiento de la población ocasiona una demanda cada vez mayor de recursos para satisfacerla y, como consecuencia, las superficies ocupadas por las comunidades naturales son sustituidas por terrenos dedicados al cultivo o a la ganadería. A pesar de que se acepta que el incremento de la población y sus necesidades son importantes para explicar el cambio de uso del suelo, la relación no es tan simple. Las tasas de crecimiento poblacional y de expansión de la frontera agropecuaria no crecen a la misma velocidad; en las últimas décadas, en términos generales, la superficie agropecuaria ha crecido más lentamente que la población mundial debido, en parte, a que la producción es más eficiente. Es necesario analizar con más detalle la relación entre el crecimiento de la frontera agropecuaria y los procesos de cambio de uso del suelo. Otros factores (también asociados con la población) como el crecimiento de las ciudades también contribuyen a las modificaciones en el uso del suelo, aunque en mucha menor magnitud.

Población

Evidentemente, la población es determinante en lo que a la magnitud del territorio utilizado por el hombre se refiere. Existe una correlación significativa

La amenaza de la fragmentación

A pesar de que los efectos negativos de la fragmentación fueron descritos hace más de 150 años por el ecólogo francés de Candolle, no se le había prestado mucha atención hasta hace relativamente poco tiempo, cuando se comenzaron a acumular las evidencias de los efectos negativos sobre muchas especies de la fragmentación del hábitat. Hoy en día, la fragmentación es considerada una de las principales amenazas para la diversidad biológica y no es para menos, ya que la mayoría de los ecosistemas de la Tierra están en algún grado divididos por caminos, campos de cultivo, ciudades, canales, líneas de transmisión de energía eléctrica y mallas que limitan o dificultan el libre movimiento de numerosas especies.

Como consecuencia de la fragmentación, los parches remanentes quedan rodeados por una matriz diferente que impide la continuidad del hábitat natural. Los fragmentos remanentes se convierten en islotes de ambiente benigno inmersos en un océano generalmente hostil de cubiertas diferentes como cultivos y potreros que afectan seriamente la viabilidad de la vida silvestre. Dada la semejanza con las islas “verdaderas”, para evaluar los efectos de la fragmentación se ha recurrido a un modelo ecológico desarrollado para las islas oceánicas conocido como “teoría de biogeografía de islas”. Una de las predicciones de este modelo es que el número de especies que habitan en una isla depende de su tamaño, siendo los sitios más grandes los que albergan mayor biodiversidad. Cuando una porción de vegetación queda aislada, el número de especies que habitan en ella declina hasta alcanzar el máximo que la nueva “isla” puede sostener dadas sus dimensiones reducidas.

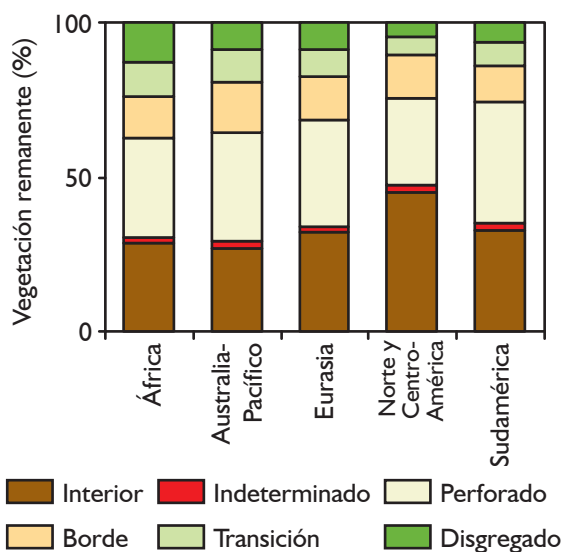
La eliminación de especies ocasionada por la reducción del tamaño del hábitat se debe a que algunas de ellas requieren áreas de vegetación muy grandes para subsistir. El caso típico es el de los grandes depredadores,

como el jaguar. Este felino patrulla territorios muy extensos (de unos 30 kilómetros cuadrados en la península yucateca, por ejemplo), los cuales le sirven como cotos de caza. La fragmentación del hábitat elimina por completo esta posibilidad. Además, la probabilidad de encontrar pareja para aparearse disminuye, lo cual puede provocar el empobrecimiento de la variabilidad genética de las poblaciones de estas especies. A pesar de que los ejemplos más conocidos involucran organismos grandes como el jaguar, la fragmentación también afecta a las plantas y animales pequeños. La fragmentación afecta las interacciones entre plantas y polinizadores y frecuentemente también reduce significativamente el reclutamiento de nuevos individuos de plantas, lo que compromete seriamente la regeneración. Un campo de cultivo de 100 metros puede ser una barrera infranqueable para numerosos insectos e invertebrados.

Otra consecuencia de la fragmentación es el denominado “efecto de borde”. En un paisaje fragmentado, un gran número de organismos se encuentra cerca del margen de los fragmentos, donde las condiciones son menos favorables y se establecen numerosas especies que estarían ausentes en la vegetación natural, lo que ocasiona fenómenos de competencia y desplazamiento. Para el caso de las selvas y bosques se ha documentado también que la probabilidad de caída y muerte de árboles es mayor mientras más cerca del borde se encuentran ya que, por ejemplo, están más expuestos a los efectos de vientos fuertes. También los fuegos empleados en varias prácticas agropecuarias aledañas a los fragmentos de bosque, a menudo se extienden metros adentro de la zona arbolada, matando a las plantas e insectos.

Fuente:
Modificado de: *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales 2002*. México, 2003.

Figura 2.16 Vegetación remanente que sufre diferentes formas¹ de fragmentación en diferentes regiones del mundo, 2000. Sólo los bosques del interior no sufren fragmentación o efecto de borde.



Notas:

¹Las superficies de bosques y selvas bajo estudio, se dividieron en cuadros de 9 x 9 km y cada cuadro se clasificó según la fragmentación de su vegetación remanente en seis categorías: 1) Bosque interno. Superficies forestales que cubren totalmente el cuadro, 2) Borde. La superficie forestal forma uno o pocos bloques bien concentrados, generalmente bordes de bosques mayores, 3) Bosque perforado. La masa forestal es continua con algunos claros abiertos en su interior, 4) Bosque disgregado. Superficies con bosque disperso en dos o más lotes, 5) Transición. Situación intermedia entre las tres categorías anteriores y 6) Indeterminado. Situación intermedia entre las condiciones de borde y perforado.

Fuente:

Ritters, K., J. Wickham, R. O'Neill, B. Jones y E. Smith. Global scale patterns of forest fragmentation. *Conservation Biology* 4(2): 3-13. 2000.

entre la densidad poblacional y la superficie dedicada a actividades agropecuarias; los estados más poblados tienden a dedicar más superficie a la producción (Figura 2.17). Esta relación es más intensa en la medida en que se tiene una mayor población rural dedicada a actividades primarias. Para el caso de México, la relación es más estrecha cuando se considera la población existente años atrás. De hecho, la mayor relación se encuentra con

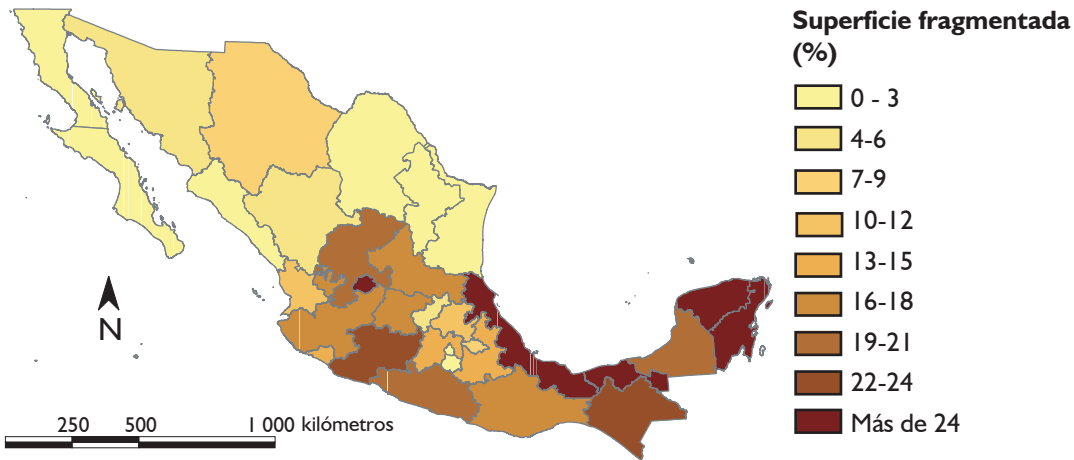
la población existente en los años 50. Este desfase histórico en el uso del suelo es, en parte, el resultado de los cambios en la estructura de la ocupación de la población. En la medida en que una mayor proporción de la población deja de dedicarse a las actividades primarias se va desvaneciendo la relación entre la densidad poblacional y la cantidad de suelo que se emplea para agricultura y ganadería. En este sentido, los movimientos migratorios y el abandono del campo tendrán efectos en el uso del suelo en el futuro. Más aún, este comportamiento significa que los cambios que hoy se den en las características de la población local (particularmente la dedicada a las actividades primarias) se manifestarán en el uso del suelo hasta varias décadas después.

Crecimiento de la frontera agropecuaria

La conversión de terrenos hacia usos agropecuarios es una de las causas más importantes de deforestación en América Latina y el mundo (FAO, 2000). De acuerdo con información de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa), la superficie agrícola sembrada en México se ha mantenido relativamente constante en los últimos 20 años en alrededor de 20 millones de hectáreas. Para los últimos años la cifra fue de alrededor de 21.5 millones de hectáreas. Sin embargo, de acuerdo con la *Carta de Uso Actual del Suelo y Vegetación Serie III*, en el 2002 la extensión de terrenos agrícolas y pecuarios fue de casi 31 millones de hectáreas. Esto significa que en los últimos años unos 10 millones de hectáreas abiertas a la agricultura no se utilizan para esta actividad. Parte de esta superficie pudo estar en un breve descanso, o bien fue abandonada tiempo atrás pero no ha desarrollado vegetación secundaria. Este último fenómeno es más importante en las zonas áridas, donde los ritmos de recuperación de la vegetación son más lentos.

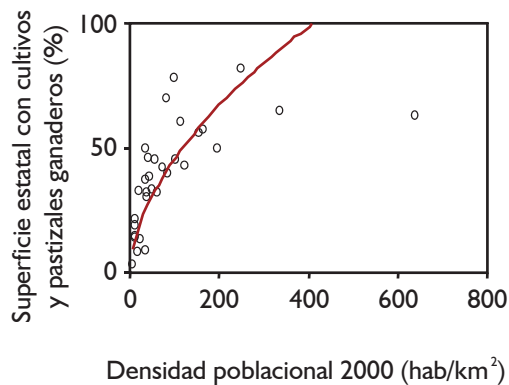
En muchos casos son los mismos agricultores quienes impiden que la vegetación se recupere. Una parcela desmontada es una forma de salvaguardar su posesión, darle valor (un terreno enmontado tiene menor valor que uno limpio en el mercado) y frecuentemente, desmontar un terreno también

Mapa 2.8 Fragmentación de bosques y selvas por entidad federativa, 1994



Fuente:
SARH. *Inventario Forestal Nacional Periódico 1994*. México. 1994.

Figura 2.17 Relación entre la densidad poblacional y la superficie dedicada a fines agropecuarios, 2000. Los estados más poblados destinan más superficie a la producción ($R^2 = 65\%$).



Fuentes:
Elaboración propia con datos de: INEGI. *Censos de Población y Vivienda*. Varios años.
INEGI. *Conteo de Población y Vivienda 1995*. México. 1996.
Semarnat. *Inventario Forestal Nacional 2000*. México. 2001.

les permite el acceder a créditos o estímulos por parte del gobierno. Esto podría explicar la razón de que una tercera parte de la superficie agrícola no se cultiva, a pesar de que con ello se promueve la degradación del suelo, que reduce su potencial productivo.

Si se compara la superficie dedicada a actividades agropecuarias que se obtiene de las cartas de uso de suelo y vegetación de 1993 y 2002, la frontera agrícola productiva se incrementó en 2.8 millones de hectáreas. Parte de este crecimiento ha sido a costa de la vegetación natural primaria, pero una proporción mayor proviene de terrenos que estaban ocupados y que ya habían sido desmontados o, al menos perturbados con anterioridad,

Una de las prácticas agrícolas más frecuentes en los trópicos, que incluso se ha considerado como un modelo de agricultura sostenible es la roza, tumba, y quema o agricultura nómada. El sistema se basa en cultivar las tierras por uno a tres años, y posteriormente dejarlas descansar por un periodo de varios años para que se recupere la vegetación natural. En la actualidad, las diferentes presiones por incrementar la producción de alimentos ha propiciado que los tiempos de descanso se hayan



reducido sustancialmente ocasionando no sólo una baja en la productividad de los cultivos (los suelos no recuperan su fertilidad), sino que la vegetación natural no se recupera (ver **Efectos de la roza, tumba y quema sobre el uso del suelo**).

Laganadería se practica en todo el país, abarcando, según datos de la Comisión Técnico Consultiva de Coeficientes de Agostadero (Cotecoca) 1.09 millones de kilómetros cuadrados, o el 56% de la superficie total de la república. En los estados del norte y en Tabasco la superficie ganadera sobrepasa el 65% de la entidad (Mapa 2.9). Si se toma en cuenta que para el año 2002 sólo se tenía 15.3% de la superficie con pastizales naturales, inducidos y cultivados, la demás superficie dedicada a la ganadería debe ubicarse en la vegetación natural, esto es, el 68.5%. Si ésta abarca el 73% del territorio, podemos concluir que poco más del 27.8% de la vegetación natural está libre de ganado (Figura 2.18).

En el ámbito pecuario se ha observado una reducción importante en el número de cabezas de ganado durante las últimas dos décadas. En 1980 se registraron 50.7 millones de cabezas, y en 2002 se registraron sólo 46.93 millones (una disminución de -0.35% anual). El descenso fue más marcado en el ganado bovino que disminuyó de 34.6 millones de cabezas a 29.2 millones (0.8% anual); el número de ovejas y cabras prácticamente se mantuvo sin reducciones en este periodo (Figura 2.19). A pesar de ello, la superficie destinada a ganadería (medida como pastizales naturales e inducidos) creció al menos cuatro millones de hectáreas de 1993 a la fecha, un crecimiento superior al del ganado, lo que se traduce en una mayor superficie por animal. No obstante, aun con esta reducción en la densidad de ganado y considerando los coeficientes de agostadero, en 24 de los estados del país el número de cabezas de ganado supera la capacidad del ecosistema. La situación es particularmente grave en los estados de México, Sinaloa y Jalisco (Mapa 2.10). Cabe señalar que los estados con mayor sobrepastoreo no coinciden necesariamente con aquellos que tienen mayor densidad de cabezas de ganado. En una situación de sobreexplotación como ésta, aun cuando se reduzca el número de cabezas

de ganado es necesario seguir incrementando la superficie de pastizales para acomodar el exceso de animales o bien optar por sistemas de manejo intensivos para no presionar más a los ecosistemas naturales.

Urbanización

Si bien es cierto que a escala nacional la superficie urbana es proporcionalmente muy pequeña (0.4% de territorio), se trata del uso del suelo que más rápido está creciendo en algunas regiones. En Quintana Roo, por ejemplo, la superficie urbanizada creció a una tasa superior al 8% anual entre 1993 y el año 2000. Para el año 2002 la superficie urbana en el país era de poco más de 1.1 millones de hectáreas, 0.6% de la superficie nacional. Por lo común se trata de tierras planas, aptas para la agricultura, que dejan de ser productivas. Mientras que el impacto directo de las ciudades es pequeño, indirectamente afectan los usos del suelo de grandes extensiones para satisfacer sus necesidades de alimentos, madera, recreación y disposición de residuos (ver **La huella ecológica** en el Capítulo I **Población**).

Gestión

La urgencia por frenar y revertir la acelerada pérdida de la cobertura vegetal que históricamente se ha venido dando en México, con todas sus consecuencias ambientales, sociales y económicas, llevaron a la Presidencia de la República a declarar, al inicio de la presente administración, a los bosques -junto con el agua- como temas de seguridad nacional.

Un paso importante en este sentido fue la creación de la Comisión Nacional Forestal (Conafor) en abril de 2001. La misión de esta Comisión es instrumentar una política que haga realidad el desarrollo forestal sustentable, con base en la participación social y de los tres órdenes de gobierno. La creación de la Conafor llevó, a su vez, a la formulación de una nueva Ley General para el Desarrollo Forestal Sustentable (aprobada en febrero, 2003), que tiene entre sus objetivos principales: contribuir al desarrollo social, económico, ecológico y ambiental del país;

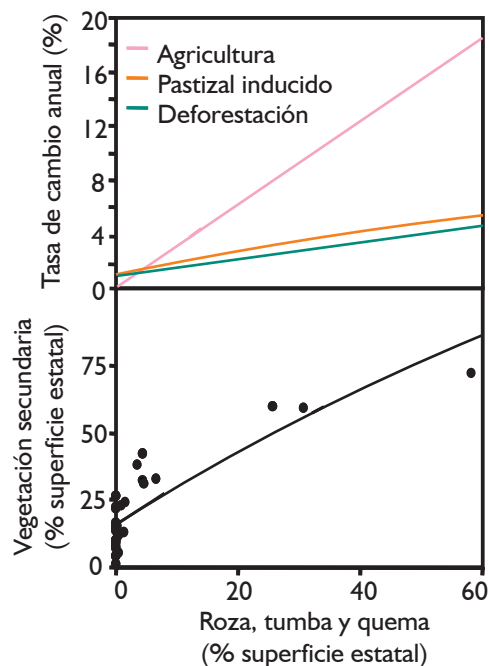
Efectos de la roza, tumba y quema sobre el uso del suelo

La agricultura de roza, tumba y quema (también conocida como agricultura nómada o itinerante) se ha relacionado frecuentemente con la degradación del ambiente. El debate se centra en la idoneidad de este sistema dadas las condiciones ambientales de las selvas, que son los sistemas donde se emplea con mayor intensidad. La fertilidad de los suelos selváticos es por lo general reducida, lo que hace imposible lograr cosechas abundantes durante largo tiempo sin fertilizar el suelo. La productividad del suelo se recupera dejando que la parcela descanse por varios años, con la ventaja de no usar agroquímicos que representen un riesgo a la salud o al ambiente.

Sin embargo, en las últimas décadas la superficie destinada a esta forma de explotación ha crecido considerablemente, mientras que los ciclos de descanso se han acortado. Esto no sólo ha impactado negativamente a la producción que representa una amenaza al entorno. El uso del fuego para la agricultura es responsable de un importante número de incendios forestales. Resultado de ello, el suelo de la selva se degrada y numerosas especies típicas de la vegetación madura son incapaces de sobrevivir bajo un régimen de incendios constantes.

A nivel estatal, la superficie cubierta por vegetación secundaria está determinada en un 72% por la agricultura nómada. Un ejemplo es el estado de Yucatán, que cuenta con la mayor superficie cubierta tanto por agricultura de roza, tumba y quema, como por vegetación secundaria (58 y 72% del estado, respectivamente). Esto señala a dicha práctica de cultivo como una de las principales responsables del incremento de la vegetación perturbada en el país en las últimas décadas (*Figura a*).

Figura a Efectos de la agricultura de la roza, tumba y quema sobre el uso del suelo



Notas:

El más evidente resultado de la agricultura nómada es el incremento de la vegetación secundaria debido a los periodos de descanso (gráfica inferior, $R^2 = 72\%$). En las entidades donde esta forma de agricultura es más importante, se observa que las tasas de deforestación, crecimiento de pastizales inducidos y de la agricultura son significativamente mayores (gráfica superior).

Las tasas se calcularon utilizando la fórmula:

$$r = \left(\frac{s_2}{s_1} \right)^{\frac{1}{t}} - 1$$

donde, r es la tasa de crecimiento, s_1 y s_2 son las superficies ocupadas por un uso de suelo al tiempo inicial y final respectivamente, y t es el tiempo transcurrido entre ambas fechas.

Fuente:

Tomado de: Semarnat. *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales 2002*. México. 2003.

Efectos de la roza, tumba y quema sobre el uso del suelo (continuación)

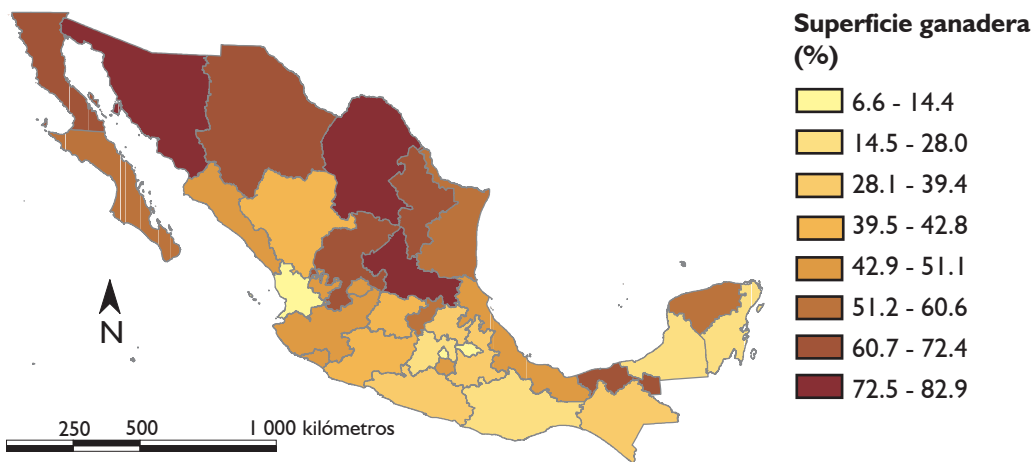
El crecimiento de las fronteras agrícola y pecuaria está determinado en un 75 y 25% por la agricultura itinerante, respectivamente. La superficie destinada a la agricultura y pastizales para la cría de ganado ha crecido más rápidamente en los estados con mayor tradición de agricultura de roza, tumba y quema. Esto podría ser resultado de la intensificación de las actividades productivas ante el colapso de la fertilidad de los suelos. Ello supondría que más superficie

se incorpora al sistema a partir de áreas arboladas (primarias o secundarias) y que más superficie se explota en un momento determinado. Como resultado, las tasas de deforestación son mayores en estas entidades (*Figura a*, $R^2 = 36\%$).

Fuente:

Modificado de: *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de estadísticas ambientales 2002*. México, 2003.

Mapa 2.9 Superficie ganadera con respecto a la estatal, 2002



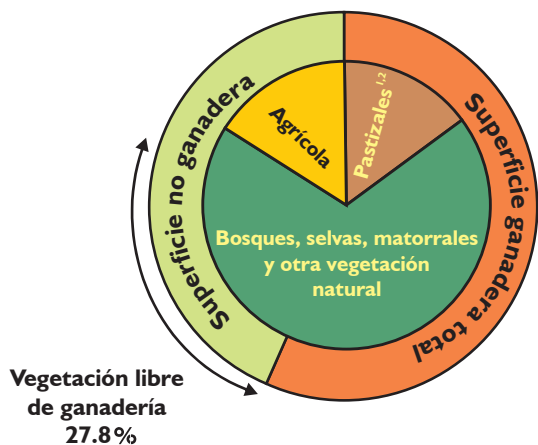
Fuente:

Sagarpa, Comisión Técnica Consultiva de Coeficientes de Agostadero. México, 2004.

impulsar la silvicultura y el aprovechamiento de los recursos forestales; desarrollar los bienes y servicios ambientales y proteger la biodiversidad de los bosques, respetando, en todos los casos, el derecho al uso y disfrute de las comunidades indígenas. Con el nuevo marco institucional y jurídico se logró fortalecer los programas forestales ya existentes que venían dando buenos resultados, así como crear algunos otros nuevos.

Una estrategia adoptada por el Gobierno Federal para detener y revertir el deterioro de la cubierta forestal del país ha sido la reforestación. Aunque la reforestación se ha venido realizando desde hace muchos años en el país, estos esfuerzos no dieron los resultados esperados. Entre las razones de esta ineficiencia se puede señalar las siguientes: i) frecuentemente la reforestación se planeaba y ejecutaba sin información suficiente o bajo criterios

Figura 2.18 Superficie ganadera y usos del suelo en México, 2002



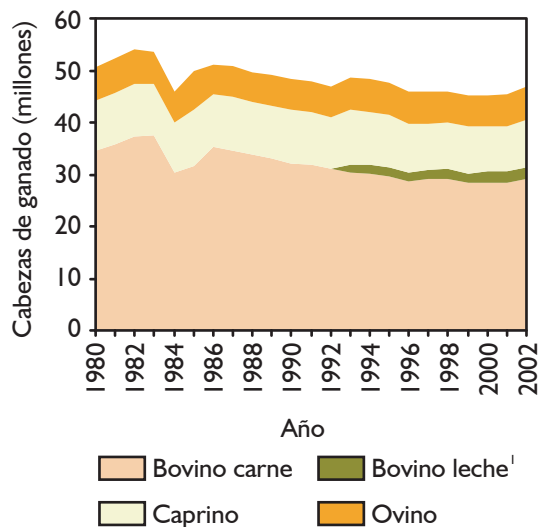
Nota:

¹Se consideraron pastizales naturales, inducidos y cultivados.
²Suponiendo que todos los pastizales son utilizados para criar ganado y que las zonas agrícolas se emplean para este fin, sólo un 27.8% de la vegetación restante estaría libre de ganado.

Fuente:

Elaboración propia con datos de: INEGI. *Carta de uso actual del suelo y vegetación Serie III*. México. 2005. Comisión Técnica Consultiva de Coeficientes de Agostadero. México. 2004. Elaborado con base en *Monografías de Coeficientes de Agostadero, años 1972-1981*.

Figura 2.19 Población de ganado bovino, caprino y ovino, 1980-2002



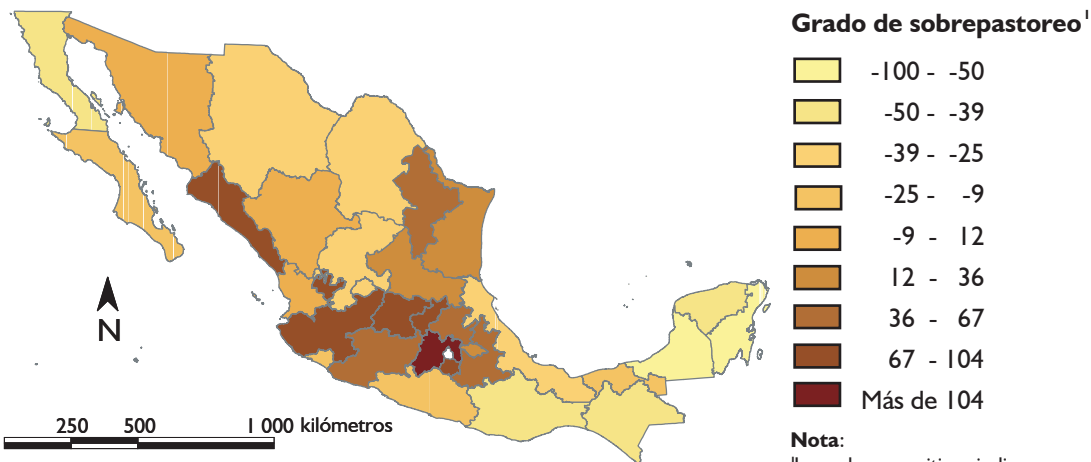
Nota:

¹La información de ganado bovino lechero fue separada de la de ganado bovino para carne a partir de 1993.

Fuentes:

Sagarpa-SIAP. Sistema de Información Agropecuaria de Consulta (SIACON 2004). México. 2004. Sagarpa-SIAP. *Anuario estadístico ganadero 2002*. México. 2003. Disponible en: www.sagarpa.gob.mx/Dgg/estadísticas/anuario

Mapa 2.10 Grado de sobrepastoreo por entidad federativa, 1999



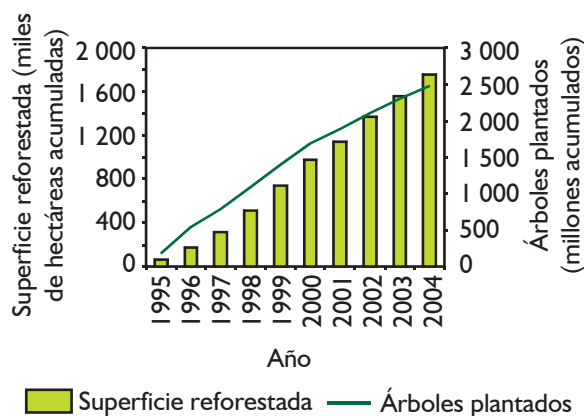
Fuente:

Cotecoca-Sagar, con base en: Cotecoca-SARH. *Monografías de coeficientes de agostadero, años 1972-1981*. México.

no ambientales; así la decisión de donde sembrar plantas se hacía, no con base en un diagnóstico sustentado sino a partir de la opinión y conveniencia de las autoridades responsables, ii) la selección de especies no se hacía con base en las características ambientales de la zona a reforestar o a partir de objetivos bien definidos (por ejemplo, retención de suelos o incrementar la fertilidad) sino en función de la disponibilidad de plantas en viveros y/o criterios estéticos y iii) los programas de reforestación no tenían el seguimiento adecuado, quizá bajo la esperanza de que para conseguir una reforestación exitosa sólo bastaba con sembrar árboles y no cuidar de ellos por un tiempo hasta alcanzar una supervivencia adecuada. Independientemente de la causa, el resultado final es que los programas de reforestación habían contribuido muy poco al mantenimiento de la cubierta forestal del país.

En 1995 se creó el Programa Nacional de Reforestación (Pronare), con objeto de resolver dichos problemas a través de una reforestación apropiada en sitios estratégicos. Para el año 2004 la superficie sembrada ya había alcanzado 1.75 millones de hectáreas (Cuadro D3 RFORESTA09 06), para lo cual se produjeron y sembraron 2 mil 476 millones de plantas (Cuadro D3 RFORESTA09 05, Figura

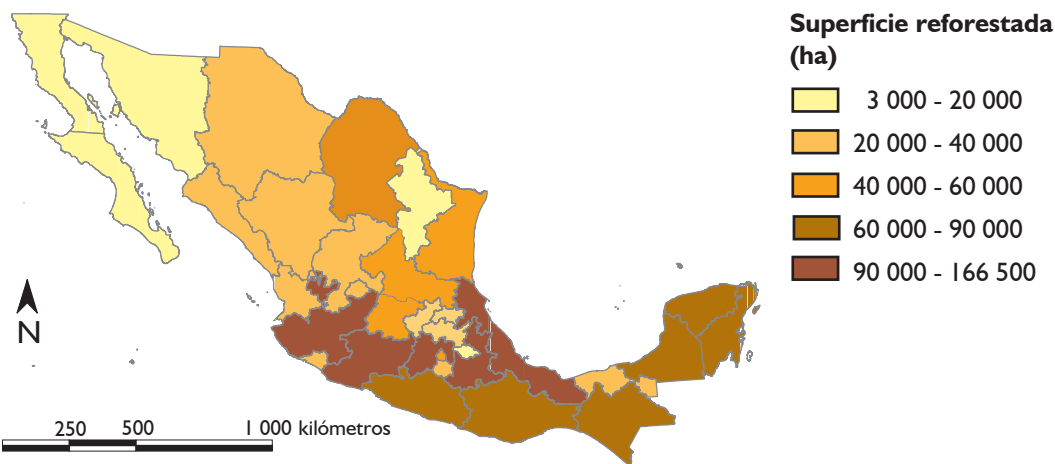
Figura 2.20 Reforestación y número de árboles plantados, 1995-2004



Fuentes:
 Conafor. Coordinación General de Conservación y Restauración. México. 2005.
 Conafor. México. 2005.
 Semarnat, Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Dirección General de Federalización y Descentralización de Servicios Forestales y de Suelo. México. 2002.

2.20). Los estados del país que habían reforestado una mayor superficie eran Veracruz, Estado de México, Michoacán y Jalisco (Mapa 2.11). Entre los cambios estructurales más importantes realizados

Mapa 2.11 Reforestación (acumulada al 2004) por entidad federativa, 1993-2004



Fuente:
 Conafor. Coordinación General de Conservación y Restauración. Comisión Nacional Forestal. México. 2005.



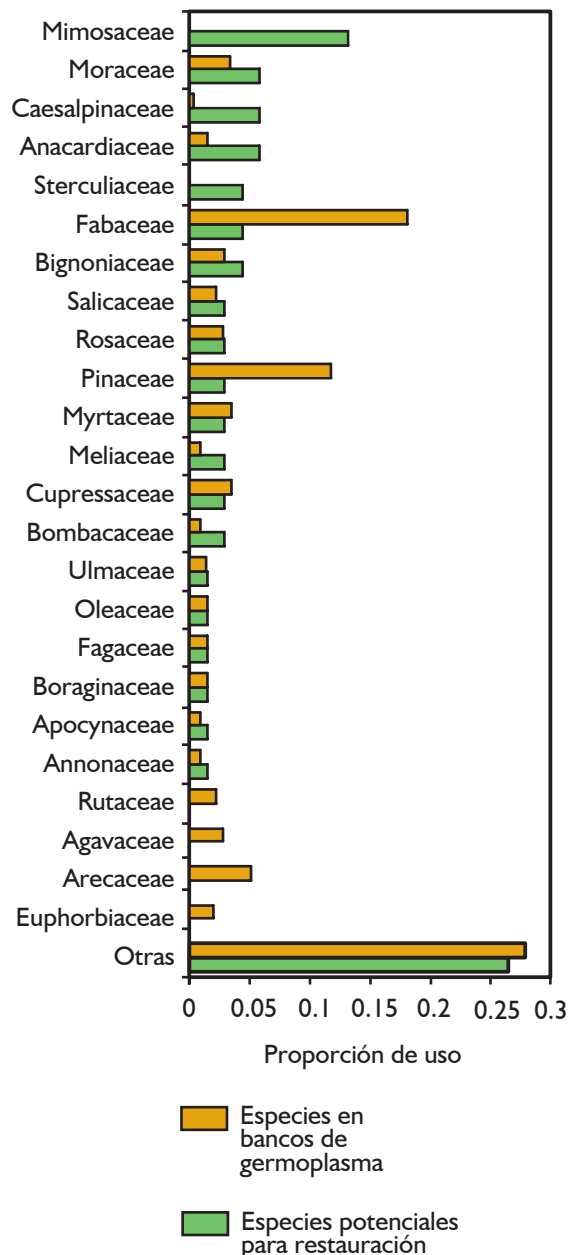
en este programa en los últimos años está su reorientación para privilegiar la producción y el uso de especies nativas del país, por encima de especies exóticas como el eucalipto, o de valor económico como los frutales. A partir de 2002, el programa ya no incluye al eucalipto ni a los frutales y, para el 2004 ya contaba con un banco de germoplasma de casi 150 diferentes especies adecuadas para las distintas condiciones climáticas y de suelo del país, muchas de ellas consideradas como de uso potencial para la restauración (Figura 2.21). De manera paralela se ha puesto más atención a las prácticas de protección y mantenimiento de las plantaciones con objeto de incrementar la supervivencia. A pesar de los avances logrados en estos últimos años, la brecha entre la superficie deforestada y reforestada sigue siendo muy grande, por lo que el balance en términos de la cubierta forestal sigue siendo negativo (Figura 2.22).

El lugar de la reforestación se ha modificado a lo largo del tiempo. Desde 1994 se comenzó a reforestar en mayor proporción en zonas rurales y menos en las urbanas (Figura 2.23); actualmente más del 90% de las plantas son ubicadas en el campo donde producen mayores beneficios ambientales. La reforestación rural restituye la cubierta forestal, retiene suelos y abastece los mantos acuíferos, por lo que el impacto de esta actividad en el medio ambiente es más favorable que la siembra en las ciudades, donde sirve principalmente para fines estéticos y de recreación.

Recientemente, el Pronare fue integrado, junto con otros programas para la conservación y restauración de suelos y sanidad forestal, en un nuevo programa general conocido como Programa de Conservación y Restauración de Ecosistemas Forestales (Procoref).

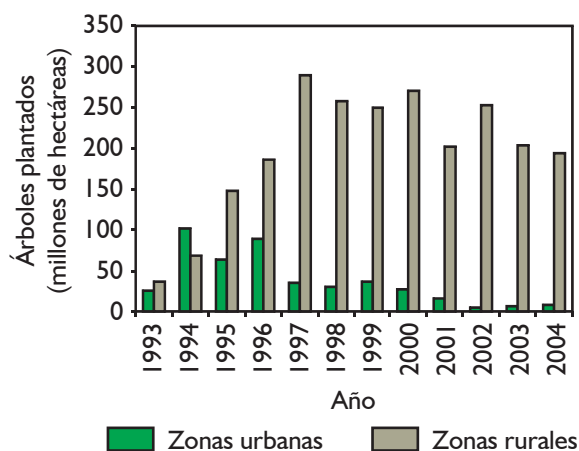
La presión sobre los ecosistemas forestales por la extracción de madera y productos no maderables contribuyen a disminuir la calidad de los bosques, pasando de bosques primarios con su biodiversidad y servicios ambientales en sus condiciones normales a bosques secundarios relativamente más pobres en especies. Una de las opciones para reducir las

Figura 2.21 Especies de diferentes familias botánicas existentes en los bancos de germoplasma. Se comparan estas cifras con las especies que tienen potencial para la restauración según la Conabio.



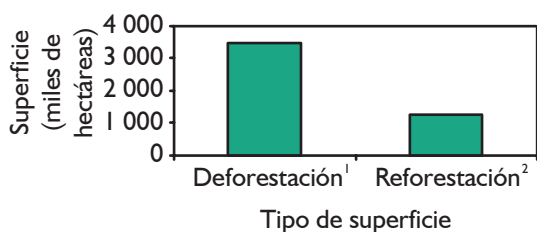
Fuente:
Pronare-Conabio. Sistema de Información para la Reforestación (Sire). México. 2001.

Figura 2.23 Árboles plantados en zonas urbanas y rurales, 1993-2004



Fuente:
Semarnat-Conafor. México. 2005.

Figura 2.22 Superficie deforestada y reforestada en el periodo 1993-2002



Notas:

¹La superficie deforestada para bosques y selvas se estimó para el periodo 1993-2002 con base a las *Cartas de uso actual del suelo y vegetación Serie II y Serie III* del INEGI.

² Comprende la superficie reforestada (acumulada) durante el periodo 1993-2002.

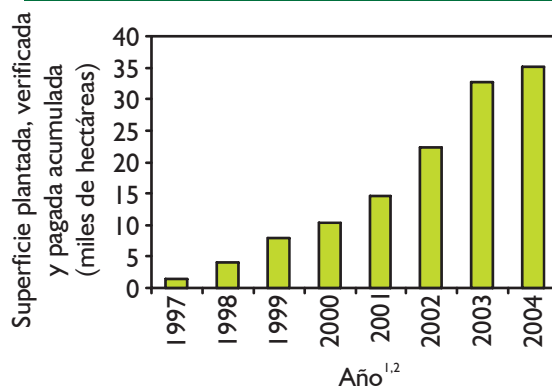
Fuentes:

INEGI. *Carta de uso actual del suelo y vegetación Serie II*. México.
INEGI. *Carta de uso actual del suelo y vegetación Serie III*. México.
Conafor. Coordinación General de Conservación y Restauración. México. 2005.

presiones sobre las comunidades vegetales del país es el establecimiento de sistemas manejados donde puedan obtenerse los productos que se extraen de la vegetación natural de manera fácil y rentable. En 1997 se puso en operación el Programa

para el Desarrollo de Plantaciones Forestales Comerciales (Prodeplan), con objeto de apoyar el establecimiento (en terrenos no boscosos) y mantenimiento de plantaciones comerciales para alcanzar la autosuficiencia en productos forestales. Este programa ha producido resultados notables en los últimos años. Del año 2001 al 2004 se han apoyado plantaciones en poco más de 256 mil hectáreas, aunque a la fecha sólo 40 mil de ellas han sido ya verificadas y pagadas (Figura 2.24).

Figura 2.24 Superficie plantada, verificada y pagada de Plantaciones Forestales Comerciales, 1997-2004



Notas:


¹Se refiere al año en que fue verificada y pagada la plantación.

² Por reglas de operación, los beneficiarios de este programa cuentan con doce meses para iniciar sus proyectos, contados a partir del año en que ingresan. Además, las plantaciones deben tener al menos seis meses de edad en el terreno y un 70% o más de porcentaje de supervivencia para ser objeto del pago comprometido, por lo que los proyectos que ingresaron en 1997 pueden haber sido verificados y pagados hasta 1999 ó 2000 y así sucesivamente.

Fuentes:

Conafor. Gerencia de Desarrollo de Plantaciones Forestales Comerciales. México. 2005.

Un programa de reciente creación y que resulta muy atractivo por sus efectos sobre la conservación de las comunidades naturales es el Programa de Pagos por Servicios Ambientales. Este programa constituye uno de los primeros ejemplos concretos de valoración económica y social de los recursos naturales y los servicios ambientales, como parte de los instrumentos de la política ambiental mexicana. Por los graves problemas que enfrenta México



respecto a la degradación de acuíferos, desastres en eventos de precipitación extrema y problemas derivados de la erosión del suelo, la primera etapa del programa se enfocó al mantenimiento de los Servicios Ambientales Hidrológicos prestados por bosques y selvas ubicados en zonas prioritarias; más recientemente el programa se amplió para incluir el pago por servicios de captura de carbono, protección de la biodiversidad y para el establecimiento y mejoramiento de sistemas agroforestales. Además de detonar el mercado de cobro y pago de servicios ambientales, el programa busca proteger la provisión de los servicios ambientales (ver **distintos aspectos de los Servicios ambientales** en los Capítulos 4 **Biodiversidad**, 5 **Aprovechamientos de los recursos forestales, pesqueros y de la vida silvestre** y 7 **Agua**), mediante el pago que se hace a los dueños y/o legítimos poseedores de terrenos forestales por los servicios que presta el buen estado de conservación de sus bosques y selvas. Los beneficiarios del programa tienen, como obligación principal, no cambiar el uso del suelo y la cobertura forestal de los predios y mantener vigilancia del predio para asegurar la conservación de su cobertura forestal. Para el año 2004 se habían apoyado un poco más de 184 mil hectáreas, que se traducen en la protección de 24 429 hectáreas de bosques mesófilos de montaña y 159 932 hectáreas de otros bosques y selvas (ver **Cambios de uso del suelo y servicios ecosistémicos** en el Capítulo 7 **Agua**).

Otros programas, como el Proyecto de Conservación y Manejo Sustentable de los Recursos Forestales (Procymaf), el Programa de Desarrollo Forestal (Prodefor) y otros más enfocados a hacer un manejo más adecuado de los bosques (ver Capítulo 5 **Aprovechamientos de los recursos forestales, pesqueros y de la vida silvestre**) buscan contribuir a reducir la presión de las actividades humanas sobre los ecosistemas naturales y, con ello, fomentar su conservación.

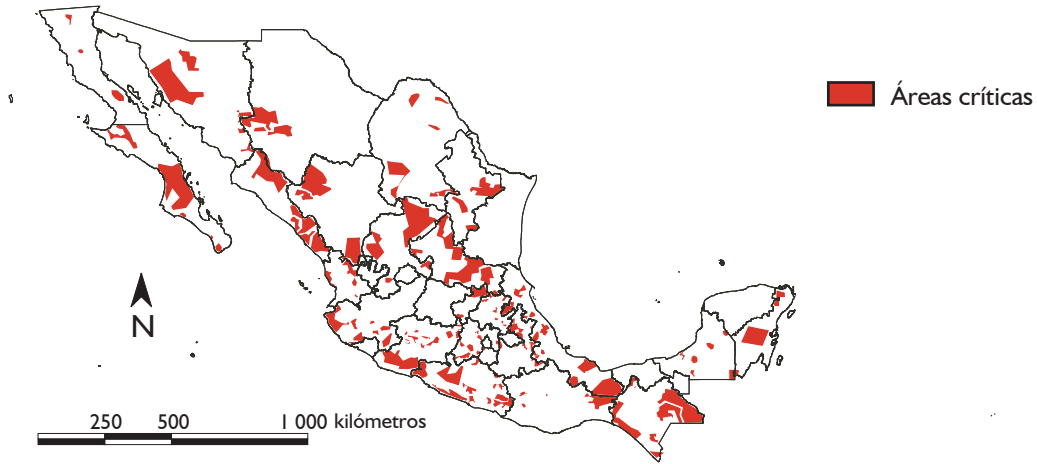
Las Áreas naturales protegidas (ANP) han sido el instrumento de política ambiental con mayor definición jurídica para la conservación de los ecosistemas y su biodiversidad. Su evolución y características se describen ampliamente en el capítulo de **biodiversidad** de este informe. Sin

embargo, vale la pena señalar aquí que, con objeto de que se reconozca debidamente el valor de los servicios ambientales que proveen las áreas naturales protegidas, en 2001 se reformó la Ley Federal de Derechos para dar cabida al cobro por el uso, usufructo, y explotación en dichas áreas para financiar la conservación de los recursos biológicos. A partir de 2003, las áreas protegidas con infraestructura y capacidad administrativa para cobrar cuotas de entrada ya no están obligadas a transferir esos recursos a la Secretaría de Hacienda sino que podrán utilizarlos para promover el ecoturismo y otras actividades, que generan ingresos a los pobladores desmotivando así la destrucción y/o degradación de las comunidades naturales que ahí se encuentran.

La Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (Profepa) inspecciona periódicamente algunas zonas consideradas como prioritarias para evitar la deforestación. Las zonas prioritarias incluyen a las áreas naturales protegidas, las zonas donde hay aprovechamientos forestales autorizados y aquellas zonas críticas donde la destrucción de la vegetación natural ha alcanzado tasas muy altas (Mapa 2.12). La Profepa a partir de 2001 realiza más de 6 mil inspecciones forestales en las áreas prioritarias (Figura 2.25).

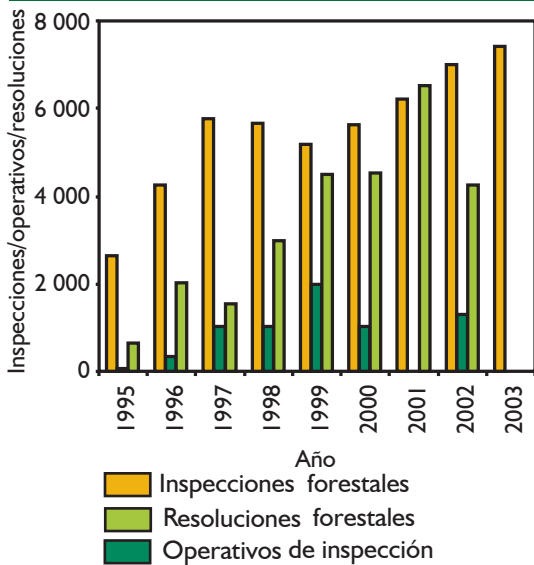
Otro frente de lucha contra la destrucción de la cobertura vegetal del país es el Programa para la Prevención y Combate de Incendios Forestales. Sus acciones incluyen la prevención, el pronóstico y el combate directo. Entre las prácticas de prevención se cuentan brechas cortafuego, quemas prescritas, educación ambiental y acciones legales. Para el pronóstico de incendios se cuenta con el apoyo del Servicio Meteorológico Nacional, que proporciona información sobre sequías y altas temperaturas. Mediante un acuerdo con el Ministerio de Recursos Naturales de Canadá se administra el Sistema de Información de Incendios Forestales de México. Por este medio se genera un índice de riesgo de incendios basado en datos meteorológicos, la cantidad de materia combustible y la topografía, entre otros criterios. A partir de esta información se genera una representación cartográfica que señala los puntos donde se pueden presentar incendios más severos. La detección de incendios en curso

Mapa 2.12 Áreas críticas forestales sujetas a procesos de deforestación, 2001



Fuente:
Profepa. *Áreas Críticas*. Procuraduría Federal del Protección al Ambiente (Ed.). México. 2001.

Figura 2.25 Inspecciones, operativos y resoluciones forestales, 1995-2003

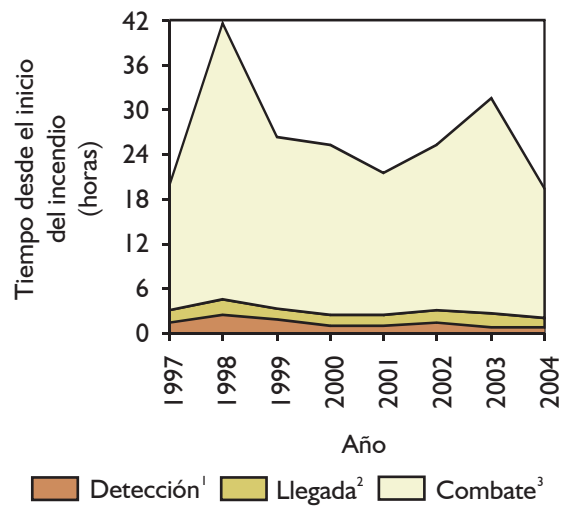


Fuentes:
Profepa. *Informe 1995-2000*. México. 2001.
Profepa. *Informe Anual. Años 2001, 2002 y 2003*. México 2002, 2003 y 2004.

tiene lugar mediante avistamientos desde torres, aviones, o vehículos terrestres. La Universidad de Colima y la Conabio monitorean constantemente vía satélite los “puntos de calor” del territorio, que son zonas donde tienen lugar los incendios. Todo esto permite acudir lo antes posible a los sitios afectados para combatir el fuego. Este programa

ha permitido reducir la duración promedio de los incendios forestales (Figura 2.26, Mapa 2.13).

Figura 2.26 Duración promedio de los incendios forestales en México, 1997-2004

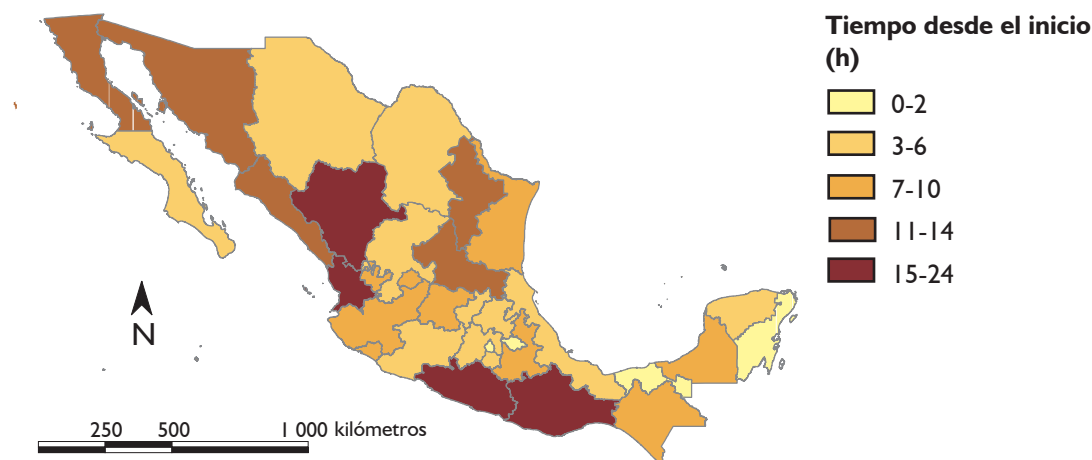


Notas:

- ¹Lapso estimado transcurrido entre el inicio del incendio y el momento en el que fue reportado.
- ² Lapso en el que fueron movilizadas las brigadas e iniciaron el combate al incendio.
- ³ Tiempo en el que se realizó el combate, lográndose su control o eliminación.

Fuente:
Semarnat, Conafor. México. 2005.

Mapa 2.13 Tiempo transcurrido desde el inicio de un incendio hasta su extinción por entidad federativa, 2004



Fuente:
Semarnat-Conafor. México. 2005.

Referencias

Cemda-Cespedes. *Deforestación en México: causas económicas incidencias en el comercio internacional en la Deforestación*. México. 2002.

Challenger, A. *Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, presente y futuro*. Conabio-IB UNAM-Sierra Madre. México. 1998.

FAO. *Global Forest Resources Assessment 2005*. FAO. Roma. 2005.

INEGI. *Carta de Uso Actual del Suelo y Vegetación Serie I*. México.

INEGI. *Carta de Uso Actual del Suelo y Vegetación Serie II*. México.

INEGI. *Carta de Uso Actual del Suelo y Vegetación Serie III*. México.

Lambin, E. F., X. Baulies, N. Bockstael, G. Fischer, T. Krug, R. Leemans, E. F. Moran, R. R. Rindfuss, Y. Sato, D. Skole, B.L. Turner II y C. Vogel. *Land use and land*

cover change implementation strategy. IGBP report 48 IHDP report 10. Estocolmo, Suecia. 1999.

López-Portillo, J., J. M. Keyes, A. González, E. Cabrera y O. Sánchez. Los incendios de Quintana Roo: ¿Catástrofe ecológica o evento periódico? *Ciencia y Desarrollo* 16: 43-57. 1990.

Page, S. E., F. Siegert, J. O. Rieley, H. D. V. Boehm, A. Limin y S. Limin. The amount of carbon released from peat and forest fires in Indonesia during 1997. *Nature* 420: 61-65. 2002.

PNUMA. *Perspectivas del Medio Ambiente Mundial 2002 GEO-3*. España. 2002.

Reid, W. V., H. A. Money, A. Cropper, D. Capistrano, S. R. Carpenter, K. Chopra, P. Dasgupta, T. Dietz, A. K. Duraiappah, R. Hassan, R. Karperson, R. Leemans, R. M. May, T.(A. J.) McMichael, P. Pingali, C. Samper, R. Scholes, R. T. Watson, A. H. Zakri, Z. Shidong, N. J. Ash, E. Bennett, P. Kummar, M. J. Lee, C. Raudsepp-Hearne, H. Simons, J. Thonell y M. B. Zurek. *Evaluación de los Ecosistemas del Milenio:*



Informe de Síntesis. 2004.

Sagarpa, Comisión Técnica Consultiva de Coeficientes de Agostadero. México. 2004.

SARH. Inventario Nacional Forestal Periódico 1992-1994. México. 1994.

Semarnat. *Inventario Forestal Nacional 2000*. México. 2001.

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

Velázquez, A., J. F. Mas, G. Bocco y E. Ezcurra. Patrones y tasas de cambio de uso del suelo en México. *Gaceta Ecológica* 62: 21-37. 2002.

