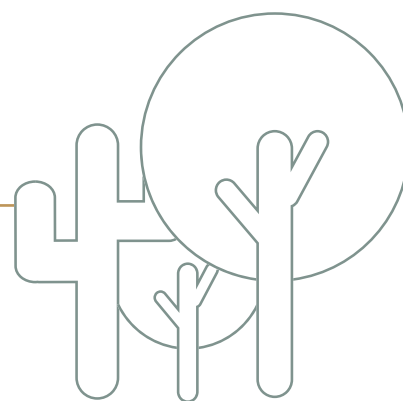


ECOSISTEMAS TERRESTRES



INTRODUCCIÓN

Bosques, selvas, matorrales, ríos, lagos y demás ecosistemas han sido el sustento de las poblaciones humanas desde los inicios de su historia. De estos ecosistemas las sociedades obtienen bienes diversos como alimentos (p. ej., carnes, frutas, verduras y aceites), agua, madera y fibras para la construcción, leña como fuente de energía, y pulpa de madera para papel, entre otros. Además de estos bienes, los ecosistemas ofrecen servicios ambientales no tan evidentes, pero no por ello menos importantes, como la purificación del aire y agua, la generación y conservación de los suelos, la descomposición de los desechos, el movimiento de nutrientes, la protección del suelo ante la erosión por el viento y el agua, la regulación del clima y el amortiguamiento de los efectos de eventos meteorológicos extremos, entre otros.

El desarrollo industrial y urbano observado desde el siglo XVIII ha traído la mayor transformación de los ecosistemas terrestres por causas humanas. De acuerdo con la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (Millenium Ecosystem Assessment, 2005), para el año 2000, 42% de los bosques mundiales, 18% de las zonas áridas y 17% de los ecosistemas insulares habían sido transformados, principalmente para destinarla a actividades agropecuarias, asentamientos humanos, obras de infraestructura e instalaciones industriales. México no ha sido ajeno a este proceso y también ha sufrido un proceso sostenido de degradación y pérdida de sus ecosistemas terrestres. Una proporción muy importante de su territorio se ha transformado en campos agrícolas, pastizales inducidos y zonas urbanas y los ecosistemas naturales que aún persisten muestran, en mayor o menor medida, signos de perturbación.

En este capítulo se hace una descripción del estado actual de los ecosistemas terrestres del país, con particular énfasis en los procesos y factores que han promovido su transformación y alteración en las décadas recientes; el uso que se les ha dado, en particular lo referente a la explotación de productos forestales maderables y no maderables y, finalmente, incluye una descripción de algunas de las políticas públicas dirigidas hacia la conservación de la cubierta vegetal natural remanente, así como las encaminadas a la recuperación y el uso sustentable de los recursos naturales de los ecosistemas.

LA VEGETACIÓN NATURAL Y EL USO DEL SUELO EN MÉXICO

A la forma en la que se emplea un terreno y su cubierta vegetal se le conoce como “uso del suelo”. En México, la evaluación más reciente del uso del suelo corresponde a la Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie VI (INEGI, 2017), elaborada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Esta carta describe 69 usos del suelo existentes en el año 2014. La superficie ocupada en ese año por cada uno de los usos del suelo en el país se muestra en la Tabla 2.1. Para mayor detalle de los principales tipos de vegetación natural en México ver el recuadro [La vegetación de México](#).

Tabla 2.1 Uso del suelo y vegetación en México, 2014

Formación vegetal/Usos del suelo	Tipo de vegetación/Cobertura	Superficie (ha)
Bosque mesófilo de montaña	Bosque mesófilo de montaña	1 795 520
	Bosque de ayarín	40 032
	Bosque de cedro	2 744
	Bosque de encino	11 365 519
	Bosque de encino-pino	4 377 862
Bosque templado	Bosque de oyamel	157 737
	Bosque de pino	7 556 609
	Bosque de pino-encino	8 591 427
	Bosque de tascate	352 555
	Matorral de coníferas	262
Selva húmeda	Selva alta perennifolia	3 100 666
	Selva alta subperennifolia	139 991
	Selva baja perennifolia	40 758
	Selva baja subperennifolia	98 417
	Selva mediana perennifolia	789
Selva subhúmeda	Selva mediana subperennifolia	5 444 989
	Matorral subtropical	1 293 770
	Selva baja caducifolia	14 601 118
	Selva baja subcaducifolia	52 232
	Selva mediana caducifolia	1 040 862
Manglar	Selva mediana subcaducifolia	3 908 437
	Selva baja espinosa caducifolia	626 786
	Selva baja espinosa subperennifolia	1 092 606
	Manglar	939 861
	Matorral crasicaule	1 547 833
Matorral xerófilo	Matorral desértico mocrófilo	21 031 301
	Matorral desértico rosetófilo	10 687 044
	Matorral espinoso tamaulipeco	3 248 181
	Matorral rosetófilo costero	468 088
	Matorral sarcocaule	5 244 892
	Matorral sarcocrasicaule	2 300 174

Tabla 2.1 Continuación...

Formación vegetal/Usos del suelo	Tipo de vegetación/Cobertura	Superficie (ha)
Matorral xerófilo	Matorral sarcocrasicaule de neblina	568 570
	Matorral submontano	2 709 687
	Vegetación de desiertos arenosos	2 150 100
Otra vegetación hidrófila	Vegetación de galería	156 254
	Popal	151 538
	Tular	1 028 442
	Bosque de galería	23 673
	Selva de galería	7 512
	Vegetación de petén	48 159
Pastizal natural	Vegetación halófila hidrófila	365 664
	Pastizal natural	9 578 430
	Pradera de alta montaña	17 710
Vegetación halófila y gipsófila	Pastizal gipsófilo	40 983
	Pastizal halófilo	1 818 720
	Vegetación gipsófila	48 452
	Vegetación halófila xerófila	2 527 812
	Área sin vegetación aparente	976 653
Otros tipos de vegetación	Chaparral	2 070 578
	Mezquital xerófila ¹	2 307 466
	Bosque de mezquite	290 347
	Mezquital tropical	144 642
	Palmar natural	22 394
	Sabana	144 849
	Vegetación de dunas costeras	153 160
Pastizal inducido o cultivado	Palmar inducido	97 565
	Pastizal cultivado	13 124 584
	Pastizal inducido	5 756 302
Plantación forestal	Sabanoide	142 249
	Bosque cultivado	74 895
Zonas urbanas o desprovistas de vegetación	Bosque inducido	5 047
	Urbano construido	2 167 798
Agricultura	Área desprovista de vegetación	64 152
	De temporal, riego y humedad	32 854 072
Cuerpos de agua	Cuerpos de agua	1 430 939
Total²		194 218 458

Notas:

¹ El tipo de vegetación "mezquital xerófilo" reemplaza a la categoría "mezquital" de las series I, II y III de INEGI.

² La superficie total del territorio nacional es de 196 437 500 hectáreas (INEGI, 2017b). Durante el procesamiento de los datos, la Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie VI se ajustó en su línea de costa, de aquí la diferencia entre el total registrado en esta tabla y el total nacional.

Fuentes:

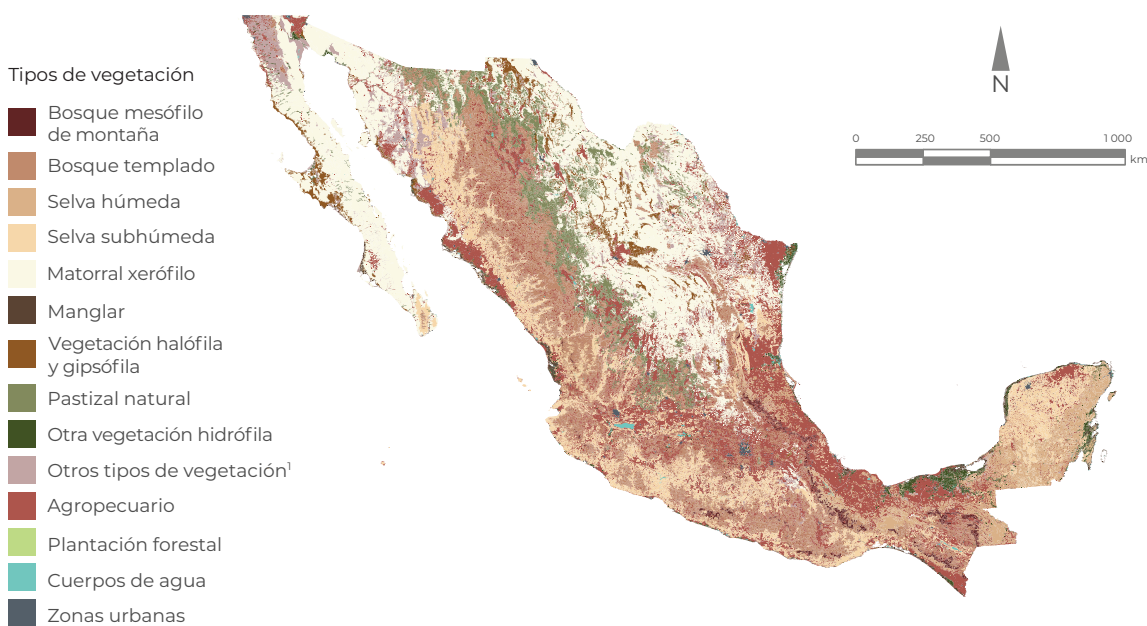
INEGI. *Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie VI (2014)*, escala 1:250 000. INEGI. México. 2017a.

INEGI. *Anuario estadístico y geográfico de los Estados Unidos Mexicanos 2017*. INEGI. México. 2017b. Disponible en: http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/Productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/AEGEUM_2017/702825097912.pdf. Fecha de consulta: febrero de 2018.



La vegetación de nuestro país es diversa y heterogénea. El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) utiliza un sistema de clasificación jerárquica que tiene en su nivel más alto a las formaciones vegetales, que son categorías representadas por rasgos fisonómicos y ecológicos (p. ej., bosque, selva, matorral, entre otros), dentro de las formaciones vegetales se incluyen los tipos de comunidad que se definen por sus rasgos fisonómicos, ecológicos y florísticos (p. ej., mesófilo de montaña, mediana, rosetófilo, sarcocaulé, entre otros) y los tipos de vegetación que combinan el nombre de la formación y el tipo de comunidad (p. ej., bosque mesófilo de montaña, selva mediana perennifolia, matorral rosetófilo, matorral sarcocaulé, entre otros). En esta publicación, con base en el criterio fisonómico, los tipos de vegetación se han agrupado en las siguientes categorías (Mapa 2.1.a):

Mapa 2.1.a Vegetación y uso del suelo en México, 2014



Nota:

¹ "Otros tipos de vegetación" incluye a las áreas sin vegetación aparente, bosque de mezquite, chaparral, mezquital tropical, mezquital xerófilo, palmar inducido, palmar natural, sabana y vegetación de dunas costeras.

Fuente:

INEGI. *Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie VI (2014)*, escala 1:250 000. INEGI. México. 2017.

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 más. Es común observar la presencia de pinos y encinos. Una de sus características más importantes es la



La vegetación de México

afinidad entre especies vegetales templadas y tropicales que pueblan el dosel y el sotobosque. Es una de las comunidades biológicas más diversas del mundo. Esta vegetación se desarrolla en altitudes donde se forman bancos de niebla. El bosque es complejo en su estructura vertical, con gran cantidad de helechos y lianas, así como de plantas que crecen sobre los árboles (epífitas). Una parte importante de la flora del bosque mesófilo en México es endémica. Superficies importantes de este bosque se han desmontado para establecer cultivos, y en algunas regiones se siembra café bajo la copa de los árboles.

Bosque templado: esta categoría incluye tres tipos de vegetación: 1) los bosques de coníferas dominados por árboles perennifolios donde sobresalen los pinos (*Pinus* spp.) y los oyameles (*Abies* spp.); también son importantes los enebros (*Juniperus* spp.), el ayarín (*Pseudotsuga* sp.) y los cedros (*Cupressus* spp.). Este tipo de vegetación suele presentarse en climas templados y fríos de las partes altas de las sierras; 2) los bosques de encinos, dominados por árboles de hoja ancha, principalmente encinos (*Quercus* spp.), la mayoría caducifolios. Se les encuentra en climas templados sobre las montañas o también en climas cálidos, con frecuencia por debajo del nivel altitudinal de las coníferas. El bosque de encino es aprovechado para producir leña, carbón y en actividades silvopastoriles debido a la fertilidad de su suelo, estos bosques también son utilizados para la agricultura; y finalmente, 3) los bosques de coníferas y encinos, en los cuales coexisten los dos grupos formando bosques mixtos (p. ej., bosque de encino-pino o bosque de pino-encino).

Selva húmeda: incluye a las selvas perennifolias y subperennifolias, dominadas por árboles de especies adaptadas a climas lluviosos y cálidos. La copa de los árboles puede sobrepasar los 40 metros de altura y conservar parte o todo su follaje durante el año. Las selvas suelen presentar varios estratos de vegetación de diferentes estaturas. Es una de las comunidades biológicas más diversas del mundo. Algunas especies arbóreas tienen un valor comercial alto, como la caoba (*Swietenia* spp.) o el cedro rojo (*Cedrela* spp.), de las selvas se obtienen varios productos forestales no maderables (p. ej., extractos para medicinas, alimentos y resinas).

Selva subhúmeda: agrupa a las selvas caducifolias y subcaducifolias, es un tipo de vegetación dominada por árboles de hojas que caducan en cierta época del año, esta vegetación se desarrolla en ambientes cálidos con temporadas de lluvias y secas muy marcadas. De manera similar a las selvas perennifolias, las selvas subhúmedas se dividen en medianas y bajas en función de la altura del estrato arbóreo dominante. Según la altura de las copas las selvas se dividen, en altas (vegetación arbórea de más de 30 metros), medianas (entre 20 y 30 metros) y bajas (entre 4 y 15 metros de altura). La altura promedio del dosel rara vez sobrepasa los 15 metros, no obstante, se pueden observar algunos individuos de estatura



mayor a los 25 metros. La condición de subcaducifolia o caducifolia depende de la proporción de árboles que pierden sus hojas en la temporada seca. Algunos de los árboles almacenan agua en sus tallos, es el caso de los copales (*Bursera* spp.), pochotes (*Ceiba* spp.) y de varias cactáceas columnares. Esta vegetación suele estar presionada por la expansión de la agricultura tradicional y la ganadería extensiva. Estas actividades han degradado extensas zonas de estas selvas por lo que son de los ecosistemas tropicales más amenazados del mundo.

Matorral xerófilo: en esta categoría están incluidos diferentes tipos de vegetación (matorrales rosetófilos, sarcocaulales y crasicaulales, entre otras), dominados por arbustos distintivos de zonas áridas y semiáridas del país. El número de endemismos es elevado en estas zonas. Debido a la escasez de agua y a que los suelos son someros y pobres en nutrientes, la agricultura de temporal se realiza en pequeña escala, excepto donde hay los recursos económicos suficientes para instalar infraestructura de riego. En cambio, la ganadería está muy extendida, lo que ha ocasionado sobrepastoreo en ciertas áreas de matorral xerófilo.

Pastizal natural: vegetación dominada por plantas del estrato herbáceo, principalmente gramíneas (*Poaceae*) que se 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 cuatro mil metros). La mayoría de los pastizales del país se utilizan para la producción ganadera, en algunos lugares con intensidad excesiva (sobrepastoreo). Algunos pastizales se derivan de bosques o matorrales que por acción del ganado y el fuego se mantienen de forma alterada. A éstos se les denomina pastizales inducidos.

Vegetación halófila y gipsófila: estos tipos de vegetación, de baja altura, se desarrollan en suelos de cuencas cerradas con contenidos elevados de sales y yeso. Predominan los pastos que se reproducen a partir de rizomas (dominando las especies de la familia *Poaceae*), la cubierta arbustiva suele ser escasa. Esta vegetación es usada en ciertas zonas del país como alimento para el ganado, y en algunos casos, después de ser desalados, para practicar la agricultura de riego.

Manglar: este tipo de vegetación es dominada por especies arbóreas como el mangle rojo (*Rhizophora mangle*), mangle negro (*Avicennia germinans*), mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*). Es una vegetación adaptada a variaciones en la altura de la columna de agua y en la cantidad de sales de la misma, su adaptación al agua salobre (sin ser necesariamente halófilas) les permite establecerse en las desembocaduras de ríos y lagunas costeras. Este tipo de vegetación es importante para proteger a la costa de la erosión y de los efectos

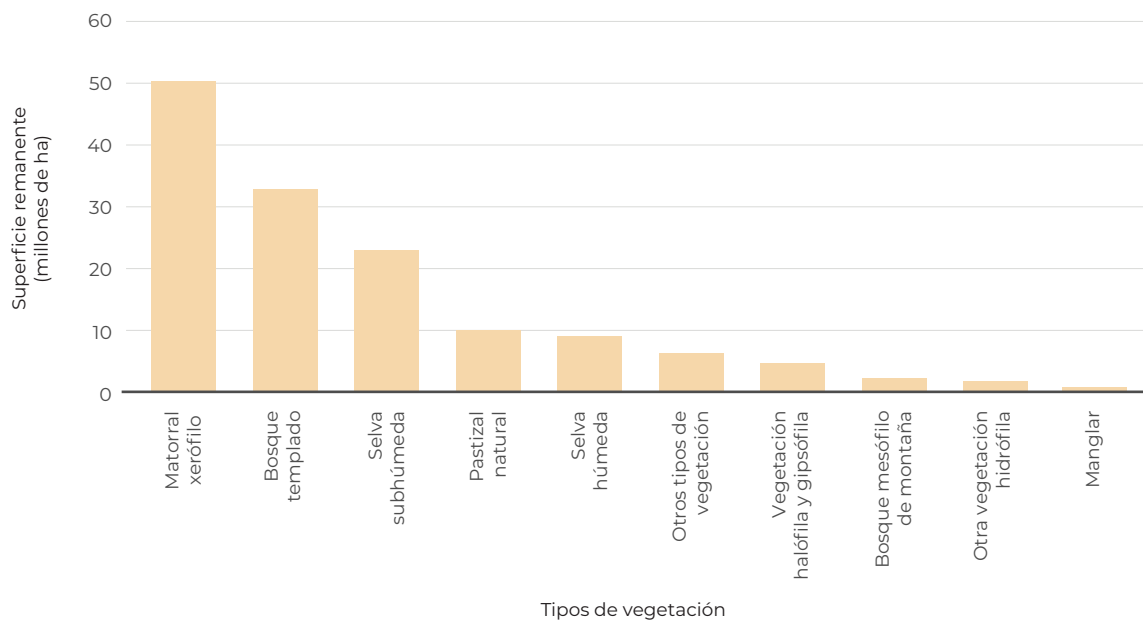


La vegetación de México

de fenómenos hidrometeorológicos extremos, para la reproducción y crecimiento de varias especies de importancia ecológica y pesquera. De los manglares también se obtienen productos importantes para la industria como los taninos utilizados en la industria de la piel.

Otros tipos de vegetación como popales, tulares, palmares, petén y chaparrales se encuentran ocupando superficies menores del territorio nacional. Son tipos de vegetación adaptados a condiciones climáticas, edáficas o hidrológicas muy particulares (Figura 2.1.a).

Figura 2.1.a Vegetación natural remanente en México, 2014



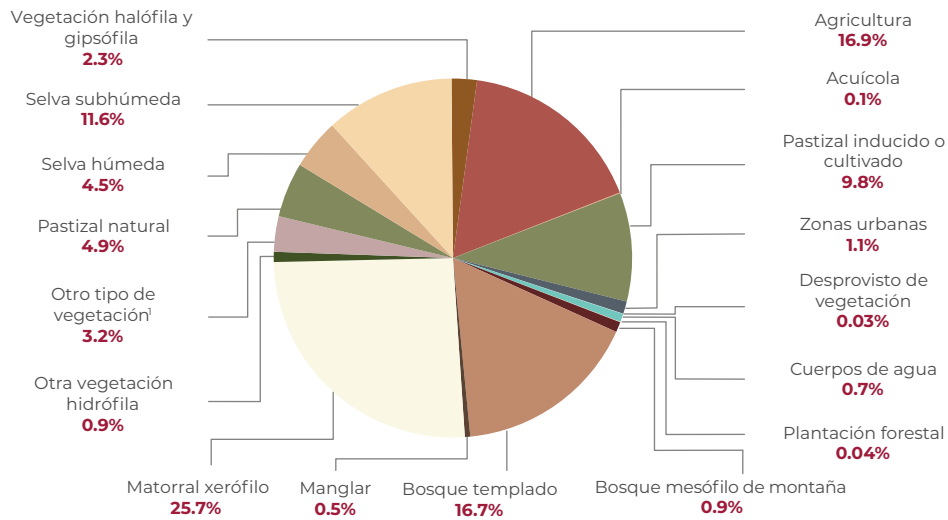
Fuente: INEGI. *Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie VI (2014)*, escala 1:250 000. INEGI. México. 2017.

Referencias:

Modificado de:
 Semarnat. *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México 2012. Compendio de Estadísticas Ambientales, Indicadores Clave y de Desempeño Ambiental*. Semarnat. México. 2013.
 Semarnat. *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México 2015. Compendio de Estadísticas Ambientales, Indicadores Clave, de Desempeño Ambiental y de Crecimiento Verde*. Semarnat. México. 2016.
 Rzedowski, J. *Vegetación de México*. 1ª Edición digital. Conabio. México. 2006.

De acuerdo con la Carta de Uso del Suelo y Vegetación (INEGI, 2017) en el 2014 el 71.4% del país (alrededor de 138 millones de ha) estaba cubierto por comunidades vegetales naturales; la superficie restante, alrededor de 55 millones de hectáreas (poco más de 28% del territorio) había sido transformada a terrenos agropecuarios, áreas urbanas y otros usos del suelo antrópicos. En 2014, los matorrales fueron la formación vegetal predominante (casi 36% de la superficie natural remanente, lo que representa cerca del 26% del territorio); por su parte, los bosques (templados y mesófilos de montaña, 34 millones de ha) y las selvas (húmedas y subhúmedas, 32 millones de ha) ocuparon cerca del 34% del territorio (Figura 2.1). Los estados con la mayor proporción de su superficie con vegetación natural¹ fueron Baja California Sur (92%), Coahuila (91%), Quintana Roo (89%), Chihuahua (87%), Durango (86%) y Baja California (86%; Mapa 2.1).

Figura 2.1 Uso del suelo y vegetación en México, 2014



Nota:

¹ Otros tipos de vegetación incluye a las áreas sin vegetación aparente, bosque de mezquite, chaparral, mezquital tropical, mezquital xerófilo, palmar inducido, palmar natural, sabana y vegetación de dunas costeras.

Fuente:

INEGI. Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie VI (2014), escala 1:250 000. INEGI. México. 2017.

En contraste, en los estados de Veracruz (18%), Tlaxcala (19%), Ciudad de México (29%), Tabasco (34%), estado de México (35%) y Morelos (38%), la vegetación natural cubría menos del 40% de su superficie (Mapa 2.1). De acuerdo con la Carta de Uso del Suelo y Vegetación, en 2014 solo el 68.5% de la vegetación natural (equivalente al 47.9% del territorio) se conservaba en estado primario. Esta condición corresponde a la vegetación en la cual están presentes la mayor parte de las especies del ecosistema original y los procesos ecológicos no han sido alterados de forma significativa. La vegetación primaria es de gran importancia por su biodiversidad y por sus servicios ambientales.

¹ De acuerdo con INEGI (INEGI, 2015) el concepto de vegetación natural hace referencia a los distintos estados de sucesión o de desarrollo de la vegetación, los cuales son: a) vegetación primaria: es aquella en la que la vegetación no presenta alteración significativa o la degradación no es tan evidente, y b) vegetación secundaria: cuando un tipo de vegetación es eliminado o alterado por diversos factores humanos o naturales el resultado es una comunidad vegetal diferente a la original, con estructura y composición florística heterogénea. Las cartas de Uso del Suelo y Vegetación de INEGI dividen la vegetación secundaria en tres estratos: arbórea, arbustiva y herbácea.

Mapa 2.1

Vegetación natural remanente por entidad federativa, 2014



Fuente:

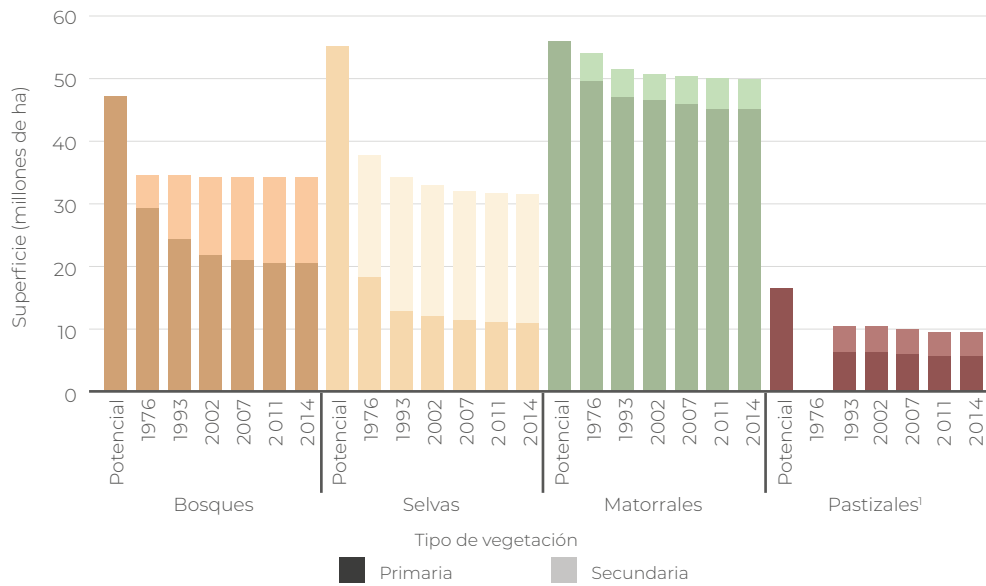
INEGI. *Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie VI (2014)*, escala 1:250 000. INEGI. México, 2017.

Hasta 2014 las selvas fueron el tipo de vegetación más afectado por la pérdida de vegetación primaria, ya que solo el 35% de su superficie original (11.1 millones de ha) aún se conservaba como selva primaria (Figura 2.2, Mapas 2.2 y 2.3). En el caso de los bosques, en ese mismo año el 60% de su superficie (poco más de 20 millones de ha) permanecía en estado primario. Para poner estas cifras en contexto, de acuerdo con FAO (FAO, 2015) en el año 2010, a nivel mundial, el 36% de los bosques² existentes aún se conservaban en estado primario. En 2014 la formación vegetal con menor superficie degradada en el país correspondió a los matorrales xerófilos: se estima que alrededor del 91% de su superficie (45.4 millones de ha) se encuentra en buen estado de conservación.

De acuerdo con la Carta de Uso del Suelo y Vegetación (INEGI, 2017) algunos estados que conservan una proporción alta de su cubierta natural lo hacen con un porcentaje alto de vegetación primaria. Por ejemplo, el 98% de la vegetación natural remanente de Baja California Sur (alrededor del 91% de la superficie total del estado) es primaria. Hay estados que conservan poca superficie con vegetación natural, como en los casos de Tlaxcala (19%) y Tabasco (34%), los cuales sin embargo conservan una proporción importante de vegetación primaria (alrededor del 60 y 80%, respectivamente). En contraste, hay estados con superficies extensas cubiertas por vegetación natural en estado secundario, como Quintana Roo, Campeche y Yucatán (Figura 2.3).

² Según FAO (FAO, 2015) los bosques son tierras cubiertas por copas (o densidad equivalente) de árboles en más del 10% de la superficie y una extensión igual o mayor de 0.5 hectárea. Los árboles deben tener una altura mínima de 5 m en el momento de su madurez *in situ*. Esta definición no incluye a las tierras sometidas a usos antrópicos.

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



Nota:

¹ La superficie de pastizales de 1976 no se muestra por encontrarse agregada con otros tipos de vegetación en la fuente original.

Fuentes:

INEGI. *Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie I (1968-1986)*, escala 1: 250 000. INEGI. México. 2003.
 INEGI. *Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie II (Reestructurada) (1993)*, escala 1: 250 000. INEGI. México. 2004.
 INEGI. *Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie III (2002)*, escala 1: 250 000 (Continuo Nacional). INEGI. México. 2005.
 INEGI. *Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie IV (2007)*, escala 1: 250 000. INEGI. México. 2011.
 INEGI. *Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie V (2011)*, escala 1: 250 000. INEGI. México. 2013.
 INEGI. *Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie VI (2014)*, escala 1: 250 000. INEGI. México. 2017.

Mapa 2.2 Vegetación primaria en México, 2014



Fuente:

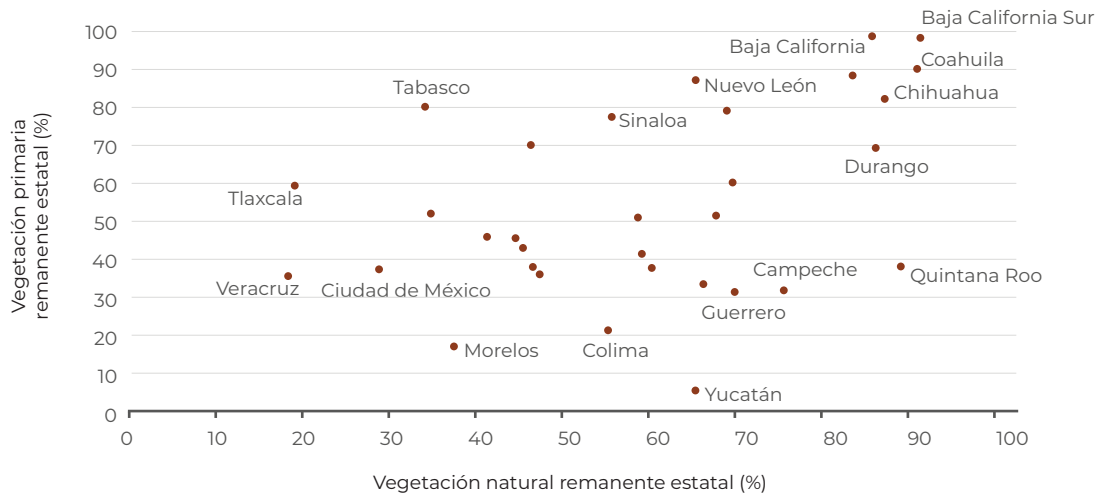
INEGI. *Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie VI (2014)*, escala 1:250 000. INEGI. México. 2017.

Mapa 2.3 Vegetación secundaria en México, 2014



Fuente:
INEGI. *Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie VI (2014)*, escala 1:250 000. INEGI. México. 2017.

Figura 2.3 Relación entre la vegetación natural remanente estatal y su estado de conservación, 2014



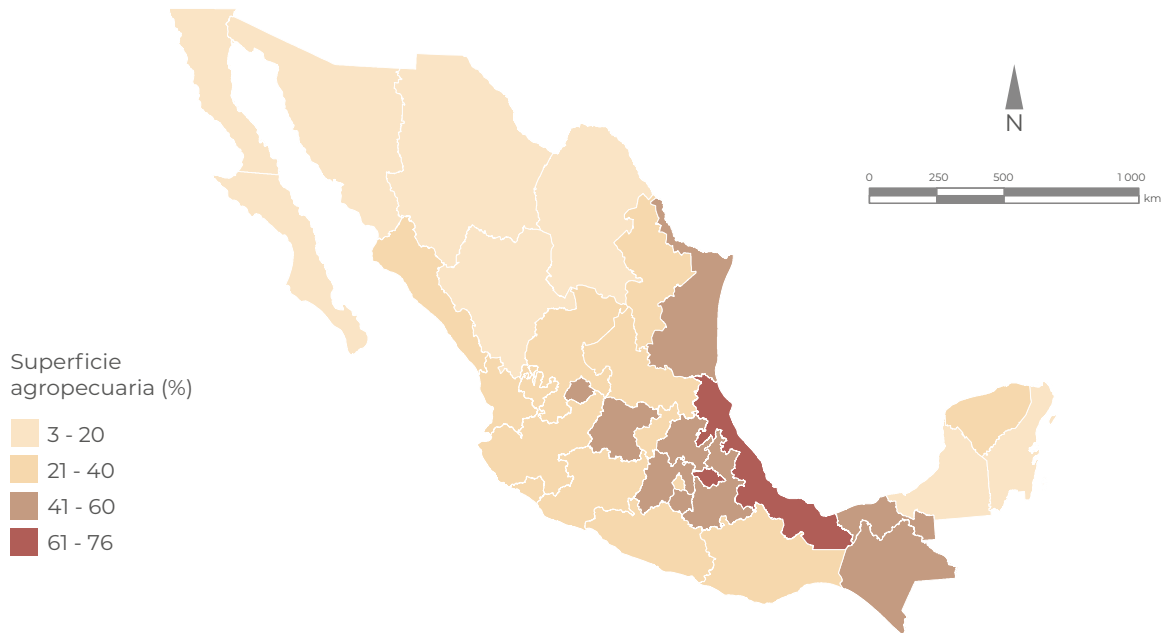
Nota:
¹ El 29 de enero de 2016 se publicó en el DOF que el Distrito Federal cambiaba su denominación a Ciudad de México. La información correspondiente a dicha entidad se presenta con este nuevo nombre.

Fuente:
INEGI. *Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie VI (2014)*, escala 1: 250 000. INEGI. México. 2017.

En lo que respecta a los sistemas productivos, en 2014 las tierras agrícolas y los pastizales cultivados e inducidos (estos últimos empleados en la ganadería) cubrían poco más de 52 millones de hectáreas, lo que representa alrededor del 26% del territorio. De esa superficie, 63.2% correspondía a terrenos agrícolas y 36.6% a pastizales inducidos y cultivados. Los estados ubicados en la costa del Golfo de México y el centro del país son los que han transformado una superficie mayor de

sus ecosistemas para utilizarlos en actividades agrícolas y pecuarias, como en los casos de Tlaxcala (cerca del 73% de su superficie), Veracruz (77%) y Tabasco (58%; Mapa 2.4). En ese mismo año, los estados con menores superficies destinadas a usos agropecuarios eran Baja California Sur, Baja California y Coahuila.

Mapa 2.4 Uso agropecuario por entidad federativa, 2014



Fuente: INEGI. *Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie VI (2014)*, escala 1:250 000. INEGI. México. 2017.

CAMBIOS EN EL USO DEL SUELO

En los últimos 70 años, los ecosistemas del mundo han sufrido una rápida y extensa transformación. Una de las consecuencias de esta transformación es la liberación a la atmósfera de cantidades importantes de gases de efecto invernadero (GEI), lo cual exacerba el problema del cambio climático (ver el recuadro [Deforestación y emisiones de GEI](#)).

Una forma de evaluar el impacto de las transformaciones en los ecosistemas terrestres es a partir de la elaboración y análisis de inventarios de uso del suelo. En México se han elaborado inventarios de los diferentes usos del suelo desde hace aproximadamente 40 años. Sin embargo, a pesar del esfuerzo invertido en su elaboración, las diferentes versiones no son del todo comparables debido a que han utilizado diferentes fuentes de información (p. ej., mapas impresos, fotografías aéreas e imágenes satelitales, entre otros), herramientas tecnológicas (p. ej., cartas digitales y sistemas de información geográfica) y/o clasificaciones de los usos del suelo. Sin embargo, aunque las estimaciones cuantitativas no son tan precisas y deben usarse con cierta precaución, la información disponible permite identificar tendencias.



Las comunidades vegetales, dominadas por especies arbóreas, son importantes reservas y formas de captura de carbono (materia orgánica o biomasa). Según datos de la FAO (2015) los bosques del planeta almacenan aproximadamente 289 gigatoneladas (Gt¹) de carbono como parte de la biomasa de los árboles. La pérdida de la cubierta forestal (p. ej., a causa de un incendio) libera carbono a la atmósfera, lo que contribuye al efecto invernadero y al cambio climático global. De acuerdo con estimaciones del IPCC (2007), en el año 2004 la deforestación mundial contribuyó con el 17% de la emisión total de gases de efecto invernadero (GEI) hacia la atmósfera, siendo la tercera fuente de GEI, después de la generación de energía producida por combustibles fósiles y de las actividades industriales.

De acuerdo con FAO (2015), la deforestación ocurrida entre 2010 y 2015 disminuyó en 0.5 Gt las reservas de carbono almacenadas en las masas forestales. En el caso de México, se estima que durante el periodo 2003 a 2006, las emisiones promedio nacionales de bióxido de carbono (CO₂) asociadas al cambio de uso del suelo forestal ascendieron a 7 189 gigagramos² (Gg) CO₂ por año, alrededor del 10.3% de las emisiones totales de CO₂ por cambio de uso del suelo para ese periodo (INE-Semarnat, 2010; IB 1.2-2 y 1.2-3). Esa estimación fue menor a la registrada para el periodo 1990 a 2002 (11 445 Gg de CO₂ anuales), lo que podría ser una consecuencia de la reducción de las tasas de cambio en uso del suelo forestal.

El carbono almacenado en la vegetación forestal es producto del secuestro o extracción de ese elemento de la atmósfera, a través del proceso de la fotosíntesis. La tasa fotosintética de un bosque puede ser alterada cuando se retira la vegetación o se transforma a otros usos del suelo no forestales. La pérdida de superficie forestal (incluyendo las plantaciones forestales) disminuye la capacidad de vegetación para absorber o secuestrar las emisiones de gases de efecto invernadero.

Referencias:

FAO. *Global Forest Resources Assessment 2015*. FAO. Roma. 2015.

IPCC. *IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. IPCC, New York. 2007.

Semarnat. *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México 2012. Compendio de Estadísticas Ambientales, Indicadores Clave y de Desempeño Ambiental*. Semarnat. México. 2013.

Semarnat. *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México 2015. Compendio de Estadísticas Ambientales, Indicadores Clave, de Desempeño Ambiental y de Crecimiento Verde*. Semarnat. México. 2016.

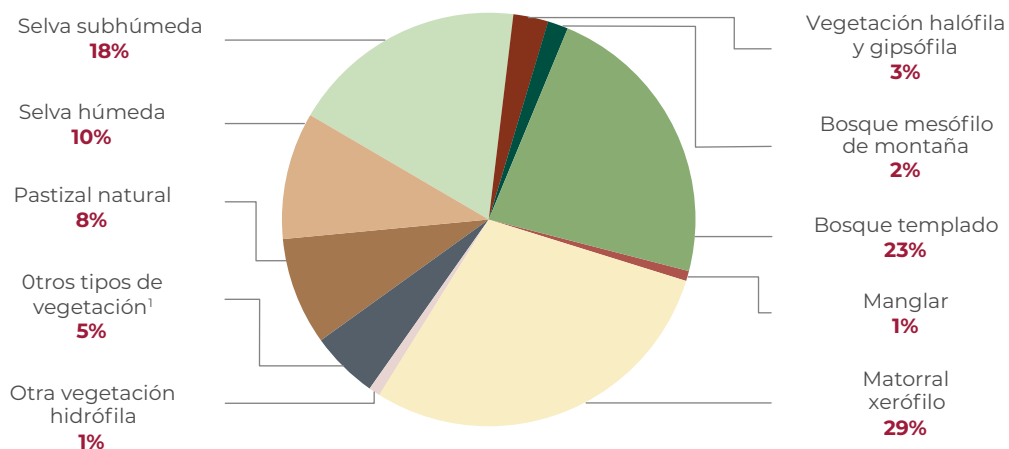
¹ Una gigatonelada equivale a mil millones de toneladas métricas.

² Un gigagramo equivale a 1 millón de kilogramos.

De los inventarios de uso del suelo disponibles en la actualidad, pueden compararse entre sí las Cartas de Uso del Suelo y Vegetación Series I, II, III, IV, V y VI (a escala 1: 250 000) elaboradas por el INEGI (Sánchez-Colón *et al.*, 2008). La Serie I (INEGI, 1993) se basa en la interpretación de fotografías aéreas en su mayoría de la década de los setenta, mientras que las Series II, III, IV, V y VI (INEGI, 2004; 2005; 2011; 2013 y 2017) se generaron a partir de imágenes de satélite de los años 1993, 2002, 2007, 2011 y 2014, respectivamente. Por otro lado, el INEGI también elaboró la Carta de Vegetación Primaria Potencial, a escala 1: 1 000 000, que describe la vegetación que probablemente cubría el territorio nacional antes de ser transformada por las actividades humanas.

De acuerdo con la Carta de Vegetación Primaria Potencial (Mapa 2.5), los matorrales xerófilos ocuparon alrededor 29% del territorio, seguidos de las selvas (28%) y los bosques (25%; Figura 2.4). Para la década de los setenta (de acuerdo con la Serie I) se conservaba poco más del 75% de la superficie original de los bosques y 69% de las selvas (Figura 2.2). Cuarenta años después, en 2014, se conservaba casi el 73% de la superficie original de bosques, 57% de las selvas, 89% de los matorrales y casi del 60% de los pastizales; esto representa una pérdida neta de más de 23 millones de hectáreas de selvas, casi 13 millones de bosques, 5.9 millones de matorrales y cerca de 6.7 millones de hectáreas de pastizales. La mayor parte de estas transformaciones ocurrieron antes de los años setenta, no obstante, en las últimas décadas aún se registran pérdidas importantes (mayores a las 50 mil ha anuales), particularmente en selvas y matorrales (Tabla 2.2).

Figura 2.4 Vegetación primaria potencial en México



Nota:

¹ Incluye: áreas sin vegetación aparente, chaparral, mezquital, bosque de mezquite, mezquital tropical, palmar, sabana y vegetación de dunas costeras.

Fuente:

INEGI. Carta de vegetación primaria potencial, escala 1: 1 000 000. INEGI. México. 2003.

Tabla 2.2

Uso del Suelo y Vegetación en México: vegetación potencial, 1976¹, 1993, 2002, 2007, 2011 y 2014

Estado	Formación vegetal/Usos del suelo	Tipo de vegetación/Cobertura	Superficie (ha)						
			Potencial	Año					
				1976	1993	2002	2007	2011	2014
Bosques	Bosque mesófilo de montaña		3 088 256	1 838 523	1 813 946	1 825 209	1 841 777	1 809 428	1 795 520
	Bosque templado		43 955 622	33 223 625	32 711 337	32 341 237	32 300 686	32 464 673	32 444 746
	Subtotal		47 043 878	35 062 148	34 525 283	34 166 446	34 142 463	34 274 101	34 240 266
Selvas	Selva húmeda		19 255 334	12 683 208	9 911 304	9 468 320	9 155 344	9 004 243	8 825 609
	Selva subhúmeda		35 870 558	25 089 090	24 353 186	23 468 976	22 946 644	22 771 316	22 615 811
	Subtotal		55 125 892	37 772 298	34 264 490	32 937 296	32 101 988	31 775 559	31 441 420
Matorrales	Matorral xerófilo		55 920 520	53 874 823	51 578 697	50 782 464	50 444 636	50 028 120	49 955 869
Manglar	Manglar		1 450 899	1 045 328	914 610	924 655	945 840	941 139	939 861
Otra vegetación hidrófila	Otra vegetación hidrófila		1 730 083	1 409 712	1 300 256	1 276 828	1 646 724	1 690 989	1 781 241
Otros tipos de vegetación	Otros tipos de vegetación		11 023 870	8 644 581	6 772 603	6 473 339	6 395 035	6 223 513	6 207 654
Pastizal natural	Pastizal natural		16 279 081	9 985 042	10 429 438	10 315 818	9 896 425	9 610 499	9 596 140
Vegetación halófila y gipsófila	Vegetación halófila y gipsófila		5 336 445	5 025 767	5 149 801	5 037 665	4 430 667	4 467 489	4 435 967
Subtotal			193 910 669	152 819 700	144 935 178	141 914 511	140 003 779	139 011 409	138 598 419
Plantación forestal	Plantación forestal			30 622	25 754	36 835	41 736	70 104	79 941
	Agricultura			26 032 618	29 082 925	30 830 397	32 192 907	32 577 417	32 854 072
	Pastizal inducido o cultivado ²			14 319 197	17 704 343	18 901 998	19 019 781	18 940 520	19 023 135
	Subtotal			40 351 815	46 787 268	49 732 395	51 212 688	51 517 987	51 877 207
Zonas urbanas o	Área desprovista de vegetación				6 031	14 263	20 811	57 464	64 152
	Zonas urbanas			199 948	1 108 232	1 108 256	1 120 830	1 178 519	2 167 798
	Subtotal			199 948	1 114 263	1 122 519	1 141 641	1 235 983	2 231 951
Subtotal				40 582 384	47 927 286	50 891 750	52 396 065	52 824 023	54 189 100
Total³			193 910 669	193 402 084	192 862 464	192 806 261	192 399 844	191 835 432	192 787 519

Notas:

¹ Los datos que se asignan para 1976 corresponden a las fotografías satelitales tomadas en su mayoría a lo largo de los años setenta.

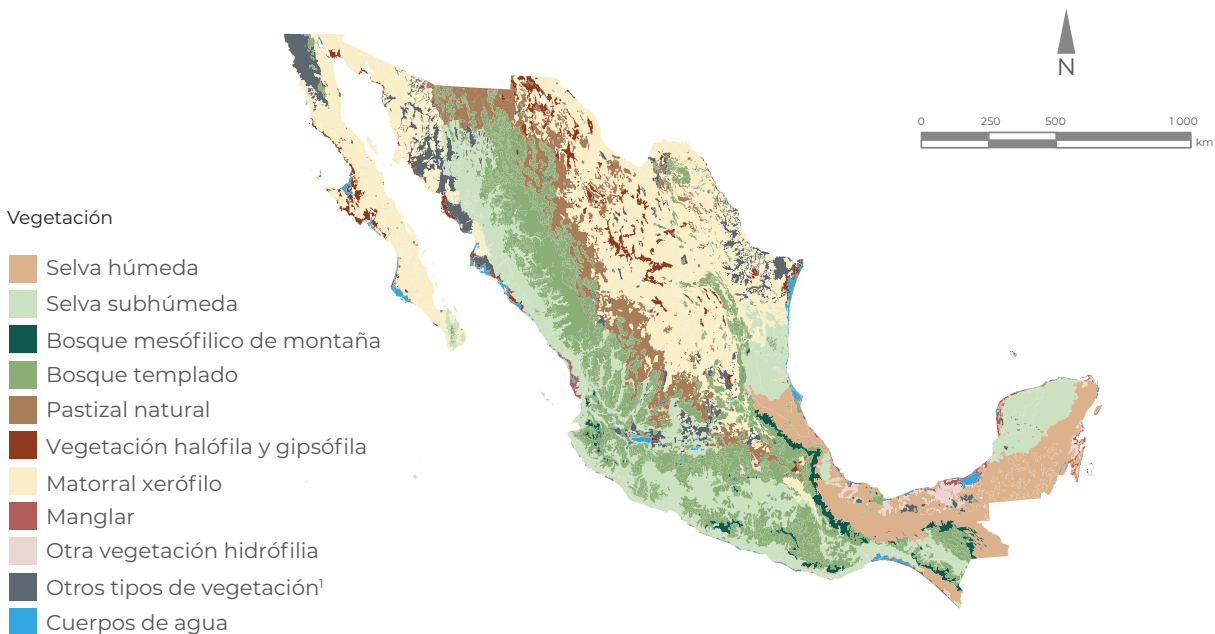
² Pastizal inducido o cultivado incluye el tipo de vegetación "Sabanoide".

³ Las cartas de uso del suelo y vegetación, Series V y VI, tuvieron ajustes en la geometría y topología de algunos de sus polígonos. Estos ajustes incluyen un incremento en la resolución de las imágenes de satélite utilizadas que, junto con datos de campo, permitieron corregir errores de clasificación en las coberturas del suelo. Todas las series tienen ajustes en su línea de costa por lo cual hay diferencias en la suma total de la superficie del país.

Fuentes:

- INEGI. Carta de vegetación primaria potencial, escala 1: 1000 000. INEGI. México. 2001.
- INEGI. Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie I (1968-1986), escala 1: 250 000. INEGI. México. 2003.
- INEGI. Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie II (Reestructurada) (1993), escala 1: 250 000. INEGI. México. 2004.
- INEGI. Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie III (2002), escala 1: 250 000 (Continuo Nacional). INEGI. México. 2005.
- INEGI. Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie IV (2007), escala 1: 250 000. INEGI. México. 2011.
- INEGI. Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie V (2011), escala 1: 250 000. INEGI. México. 2013.
- INEGI. Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie VI (2014), escala 1: 250 000. INEGI. México. 2017.

Mapa 2.5 Vegetación primaria potencial en México



Nota:

¹ Incluye: chaparral, mezquital, bosque de mezquite, mezquital tropical, palmar natural, sabana y vegetación de dunas costeras.

Fuente:

INEGI. Carta de vegetación primaria potencial, escala 1:1 000 000. INEGI. México. 2003.

En el periodo comprendido entre la década de los setenta y 1993,³ se perdieron alrededor de 7.9 millones de hectáreas de vegetación natural (equivalente al 5.4% de la superficie remanente en 1993), a una tasa superior a las 400 mil hectáreas por año. Del total de la superficie transformada, 3.5 millones de hectáreas correspondieron a selvas, 537 mil de bosques y 2.3 millones de matorrales (Figura 2.5a). De estos ecosistemas, las selvas fueron las que sufrieron con mayor velocidad la transformación de su superficie, seguidas por los matorrales y los bosques (Figura 2.5b, IB 6.1-1).

Entre 1993 y 2002 la vegetación natural transformada a otros usos del suelo acumuló poco más de 3 millones de hectáreas, lo que equivale a una pérdida promedio de casi 336 mil hectáreas anuales, cantidad menor a la registrada entre los años setenta y 1993. La formación vegetal que perdió mayor superficie en el periodo 1993 a 2002 fueron las selvas, con alrededor de 1.3 millones de hectáreas (al 0.4% anual), seguidas por los matorrales (alrededor de 796 mil al 0.17% anual), los bosques (359 mil al 0.12% anual, tasa mayor a la registrada en el periodo anterior) y los pastizales naturales (que perdieron casi 114 mil ha al 0.12% anual; Figura 2.5).

En el periodo de 2002 a 2007 aún se observan pérdidas significativas en ciertos ecosistemas (Figura 2.5). En este periodo, se eliminaron 1.9 millones de hectáreas de vegetación natural a un ritmo promedio de 382 mil hectáreas anuales (cifra

³ Las estimaciones de las tasas de cambio entre la Serie I y la Serie II de las Cartas de Uso del Suelo y Vegetación, que se mencionan a lo largo de la presente obra, deben tomarse con cautela en virtud de que se ha considerado como fecha de la primera Serie el año 1976, cuando en realidad ésta fue elaborado a partir de un conjunto de fotografía áreas tomadas en su mayoría durante la década de los setentas.

mayor a la estimada entre el periodo 1993 y 2002). De la superficie total transformada, 835 mil hectáreas correspondieron a selvas (se transformaron al 0.5% anual), 419 mil a pastizales (0.83% de pérdida anual) y 338 mil a matorrales (0.13% anual). Mención aparte merecen los bosques, que solo perdieron 24 mil hectáreas en este periodo (al 0.01% anual), cerca de 5 mil hectáreas por año, cantidad casi ocho veces menor a la superficie perdida anualmente entre 1993 y 2002 (Figura 2.5).

Figura 2.5 Superficie perdida y tasa de cambio anuales para selvas, bosques, matorrales y pastizales en México, 1976 - 2014

Formación vegetal/Usos del suelo	Tipo de vegetación/Cobertura	Superficie (ha)
Bosque mesófilo de montaña	Bosque mesófilo de montaña	1 795 520
	Bosque de ayarín	40 032
	Bosque de cedro	2 744
	Bosque de encino	11 365 519
	Bosque de encino-pino	4 377 862
Bosque templado	Bosque de oyamel	157 737
	Bosque de pino	7 556 609
	Bosque de pino-encino	8 591 427
	Bosque de tascate	352 555
	Matorral de coníferas	262
Selva húmeda	Selva alta perennifolia	3 100 666
	Selva alta subperennifolia	139 991
	Selva baja perennifolia	40 758
	Selva baja subperennifolia	98 417
	Selva mediana perennifolia	789
Selva subhúmeda	Selva mediana subperennifolia	5 444 989
	Matorral subtropical	1 293 770
	Selva baja caducifolia	14 601 118
	Selva baja subcaducifolia	52 232
	Selva mediana caducifolia	1 040 862
Manglar	Selva mediana subcaducifolia	3 908 437
	Selva baja espinosa caducifolia	626 786
	Selva baja espinosa subperennifolia	1 092 606
Matorral xerófilo	Manglar	939 861
	Matorral crasicaule	1 547 833
	Matorral desértico mocrófilo	21 031 301
	Matorral desértico rosetófilo	10 687 044
	Matorral espinoso tamaulipeco	3 248 181

Notas:

¹ La tasa anual de cambio se calculó con la fórmula $r = (((s_2/s_1)^{1/t}) - 1) * 100$, donde r es la tasa, s_2 y s_1 son las superficies para los tiempos final e inicial, respectivamente, y t es el tiempo transcurrido entre fechas.

² Las estimaciones de las tasas de cambio entre la Serie I y la Serie II, de las Cartas de Uso del Suelo y Vegetación, deben tomarse con cautela en virtud de que se ha considerado como fecha de la primera Serie el año 1976, cuando en realidad ésta fue elaborado a partir de un conjunto de fotografías aéreas tomadas en su mayoría durante la década de los setentas.

³ Las tasas de cambio de los pastizales para el periodo 1976-1993 y 1976-2014 no se pueden calcular debido a la agregación que muestra esta vegetación para el año 1976 en la fuente original.

Fuentes:

INEGI. Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie I (1968-1986), escala 1:250 000. INEGI. México. 2003.
 INEGI. Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie II (Reestructurada) (1993), escala 1:250 000. INEGI. México. 2004.
 INEGI. Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie III (2002), escala 1:250 000 (Continuo Nacional). INEGI. México. 2005.
 INEGI. Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie IV (2007), escala 1:250 000. INEGI. México. 2011.
 INEGI. Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie V (2011), escala 1:250 000. INEGI. México. 2013.
 INEGI. Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie VI (2014), escala 1:250 000. INEGI. México. 2017.

Entre 2007 y 2011 se perdieron 992 mil hectáreas de vegetación natural, a ritmo promedio de 248 mil hectáreas al año. De la superficie total transformada al año, 82 mil hectáreas fueron de selvas, 71 mil de pastizales y 104 mil de matorrales. En este periodo, los bosques perdieron alrededor de 33 mil hectáreas (Figura 2.5). Para el periodo 2011-2014, se perdieron 413 mil hectáreas de vegetación natural, a una tasa media de 138 mil hectáreas al año. En este periodo, por año, se perdieron 111 mil hectáreas de selvas, casi 5 mil hectáreas de pastizales y 24 mil hectáreas de matorrales. Por su parte, los bosques perdieron 11 mil hectáreas (al 0.03% anual; Figura 2.5).

Entre 2002 y 2014, los estados que perdieron con mayor velocidad su vegetación natural fueron Yucatán (1.14% anual), Chiapas (1.09%), Veracruz (0.61%), Jalisco (0.54%) y Baja California (0.47%). En contraste, Tabasco (1.29% anual), Morelos (0.72%), Hidalgo (0.35%), Puebla (0.28%), Colima y Tlaxcala (0.27% cada uno) recuperaron parte de su cubierta natural (Mapa 2.6).

Mapa 2.6 Tasa de cambio de la vegetación natural, 2002 - 2014



Notas:

¹ La tasa anual de cambio se calculó con la fórmula $r = (((s_2/s_1)^{1/t}) * 100) - 100$, donde r es la tasa, s_2 y s_1 son las superficies para los tiempos final e inicial respectivamente y t es el tiempo transcurrido entre fechas.

² Los valores negativos de la tasa de cambio anual denotan una disminución de la superficie de vegetación natural, mientras que los valores positivos indican una recuperación de la superficie de vegetación natural.

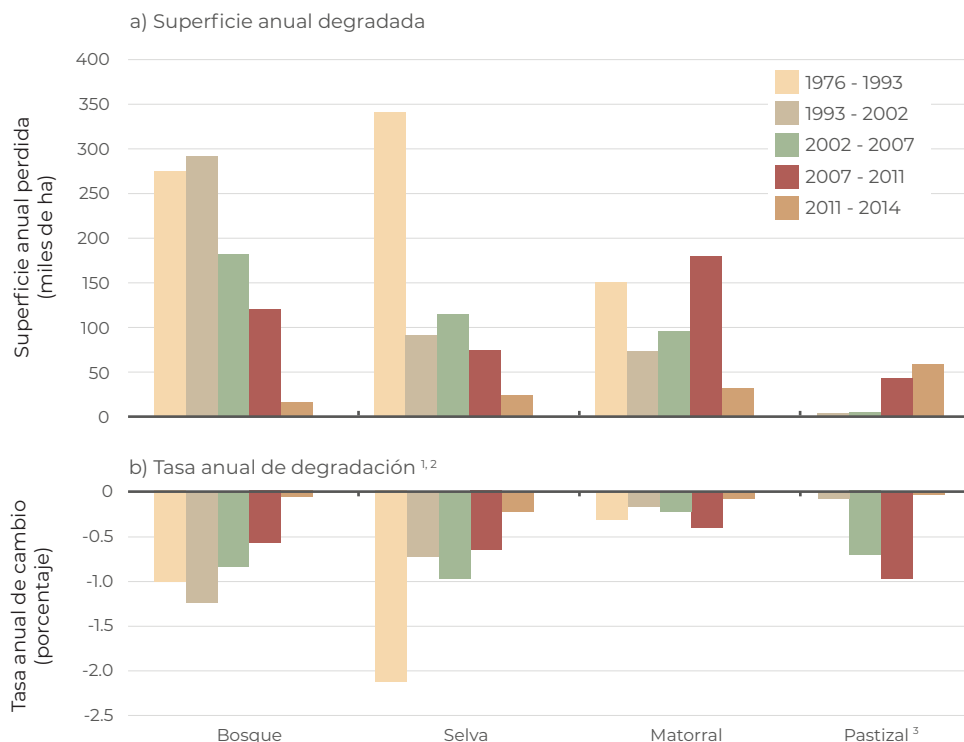
Fuentes:

INEGI. *Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie III (2002)*, escala 1: 250 000 (*Continuo Nacional*). INEGI. México. 2005.
INEGI. *Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie VI (2014)*, escala 1: 250 000. INEGI. México. 2017.

Con respecto a la degradación⁴ de la vegetación, en el periodo de 1976 a 1993 se degradaron alrededor de 16 millones de hectáreas de vegetación natural, lo cual equivale a cerca del doble de la superficie natural transformada a otros usos del suelo en el mismo periodo. Las selvas, bosques y matorrales perdieron en conjunto alrededor de 13 millones de hectáreas de vegetación primaria, esto representó el 16, 31 y 5% de su superficie a inicios del periodo, respectivamente (Figura 2.6).

⁴ De acuerdo con la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (DOF, 2018) la degradación se definiría como el "proceso de disminución de la capacidad de los suelos y ecosistemas forestales para brindar servicios ambientales, así como de su capacidad productiva". En el caso de la sección "Cambios en el Uso del Suelo" la degradación se refiere al cambio de vegetación natural hacia vegetación secundaria (arbórea, arbustiva o herbácea). Para mayores detalles ver la sección "Procesos del Cambio de Uso del Suelo" en esta misma publicación.

Figura 2.6 Degradación de la vegetación y tasa anual de degradación de selvas, bosques, matorrales y pastizales en México, 1976 - 2014



Nota:

- ¹ La tasa anual de cambio se calculó con la fórmula $r = ((s_2/s_1)^{(1/t)}) * 100 - 100$, donde r es la tasa, s_2 y s_1 son las superficies para los tiempos final e inicial, respectivamente, y t es el tiempo transcurrido entre fechas.
- ² Las estimaciones de las tasas de cambio entre la Serie I y la Serie II, de las Cartas de Uso del Suelo y Vegetación, deben tomarse con cautela en virtud de que se ha considerado como fecha de la primera Serie el año 1976, cuando en realidad ésta fue elaborado a partir de un conjunto de fotografías aéreas tomadas en su mayoría durante la década de los setentas.
- ³ Las tasas de cambio de los pastizales para el periodo 1976-1993 no se pueden calcular debido a la agregación que muestra esta vegetación para el año 1976 en la fuente original.

Fuentes:

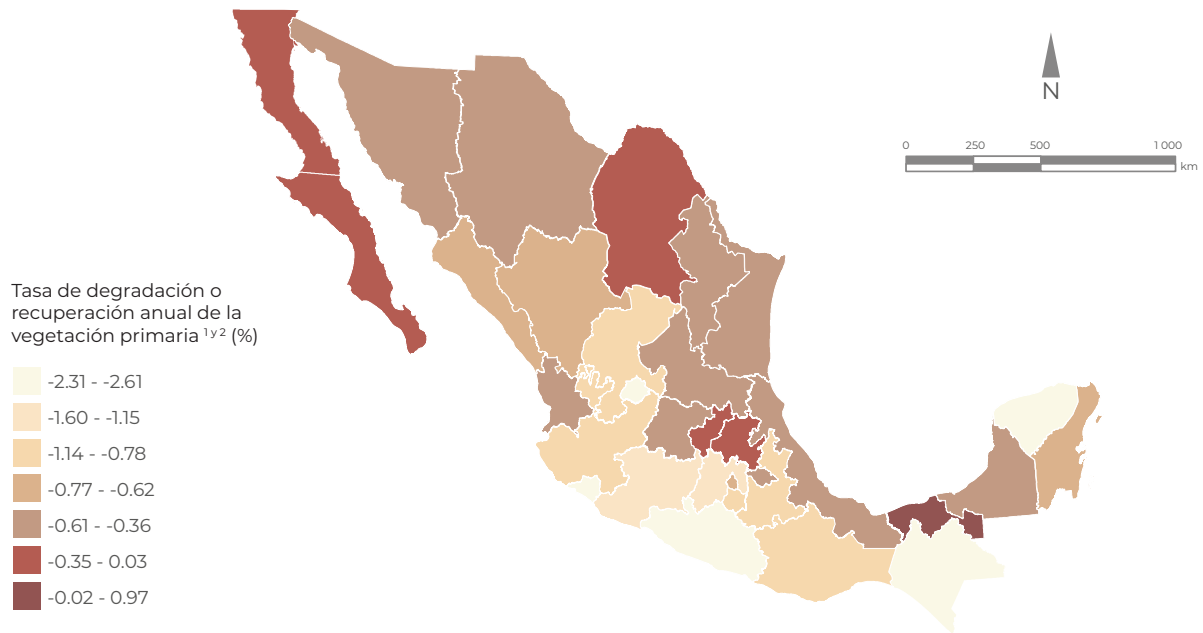
INEGI. *Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie I (1968-1986)*, escala 1:250 000. INEGI. México. 2003.
 INEGI. *Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie II (Reestructurada) (1993)*, escala 1:250 000. INEGI. México. 2004.
 INEGI. *Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie III (2002)*, escala 1:250 000 (Continuo Nacional). INEGI. México. 2005.
 INEGI. *Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie IV (2007)*, escala 1:250 000. INEGI. México. 2011.
 INEGI. *Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie V (2011)*, escala 1:250 000. INEGI. México. 2013.
 INEGI. *Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie VI (2014)*, escala 1:250 000. INEGI. México. 2017.

Es importante señalar que en las últimas dos décadas se ha observado una disminución gradual en la degradación de la vegetación. Por ejemplo, entre 1976 y 1993 se degradaban 617 mil hectáreas de vegetación natural primaria de bosques y selvas (al 1.44% anual), entre 1993 y 2002 fueron 385 mil (1.07%), entre 2002 y 2007 se contabilizaron 296 mil hectáreas (0.88%), entre 2007 y 2011 sumaron 195 mil (0.6%) y, finalmente, en el periodo comprendido entre 2011 y 2014 la vegetación primaria de bosques y selvas disminuyó 41 mil hectáreas (0.13% anual).

Entre 2002 y 2014, los estados en los que se degradó con mayor velocidad la vegetación natural primaria fueron Guerrero (2.31% anual), Colima (1.99%), Yucatán (1.73%), Aguascalientes (1.68%) y Chiapas (1.61%). En contraste, la cubierta primaria se recuperó en la Ciudad de México (0.97%; Mapa 2.7).

Mapa 2.7

Tasa de degradación o recuperación de la vegetación natural primaria, 2002 - 2014



Nota:

¹ La tasa anual de cambio se calculó con la fórmula $r = (((s_2/s_1)^{1/t}) - 1) * 100$, donde r es la tasa, s_2 y s_1 son las superficies para los tiempos final e inicial respectivamente y t es el tiempo transcurrido entre fechas.

² Los valores negativos de la tasa de cambio anual denotan una disminución de la superficie de vegetación natural, mientras que los valores positivos indican una recuperación de la superficie de vegetación natural.

Fuentes:

INEGI. *Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie III (2002)*, escala 1: 250 000 (*Continuo Nacional*). INEGI. México. 2005.
INEGI. *Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie VI (2014)*, escala 1: 250 000. INEGI. México. 2017.

En el periodo de 1976 a 2014 las selvas subhúmedas continuaron con una tendencia sostenida en su superficie transformada al año: poco más de 43 mil hectáreas entre 1976 y 1993, 98 mil entre 1993 y 2002, 104 mil entre 2002 y 2007, 44 mil entre 2007-2011 y 52 mil entre 2011-2014. En promedio de 1976 a 2014 se han perdido alrededor de 65 mil hectáreas de selvas subhúmedas al año.

De la vegetación natural original, las selvas han sido los ecosistemas terrestres del país que han sufrido las mayores transformaciones y perturbaciones por causa de las actividades humanas, tanto en superficie eliminada (casi 44 millones de hectáreas de selvas primarias hasta 2014; conservaban alrededor del 20% de su extensión original) como en superficie degradada (65% de las selvas existentes en 2014 eran secundarias). En superficie transformada, a las selvas les siguen los bosques, que se han reducido en cerca de 13 millones de hectáreas; hasta 2014 su extensión alcanzaba 73% de su extensión original. Los matorrales desérticos redujeron su extensión de 56 millones de hectáreas a 50 millones.

Las transformaciones de la superficie natural han sido principalmente para convertirla al uso agropecuario. En la década de los setenta, la superficie agropecuaria sumaba alrededor de 40.3 millones de hectáreas, de las cuales el 65%

correspondía a agricultura y el restante 35% a pastizales inducidos o cultivados. Para 2014, la superficie agropecuaria, según las cartas de vegetación, había crecido cerca de 29% con respecto a los años setenta, totalizando en 51.9 millones de hectáreas (63% destinada a la agricultura) En este sentido, el crecimiento de la superficie agropecuaria equivalía a convertir anualmente en promedio cerca de 303 mil hectáreas.

La transformación de la vegetación hacia actividades agropecuarias es más intensa si la vegetación se encuentra en estado secundario. Este fenómeno es, en gran medida, responsable de la elevada tasa de pérdida de la vegetación natural que ha sufrido México. La dinámica de cambios entre diferentes usos de suelo se ilustra esquemáticamente en la Figura 2.7.

PROCESOS DEL CAMBIO DE USO DEL SUELO

De los procesos que determinan el cambio en el uso del suelo, los más relevantes son la deforestación⁵ (cambio permanente de una cubierta dominada por árboles hacia una que carece de ellos), la alteración (también denominada degradación,⁶ que es una modificación inducida por causas humanas pero sin el reemplazo total de la vegetación) y la fragmentación (la transformación del paisaje en parches pequeños de vegetación original rodeados de superficie alterada).

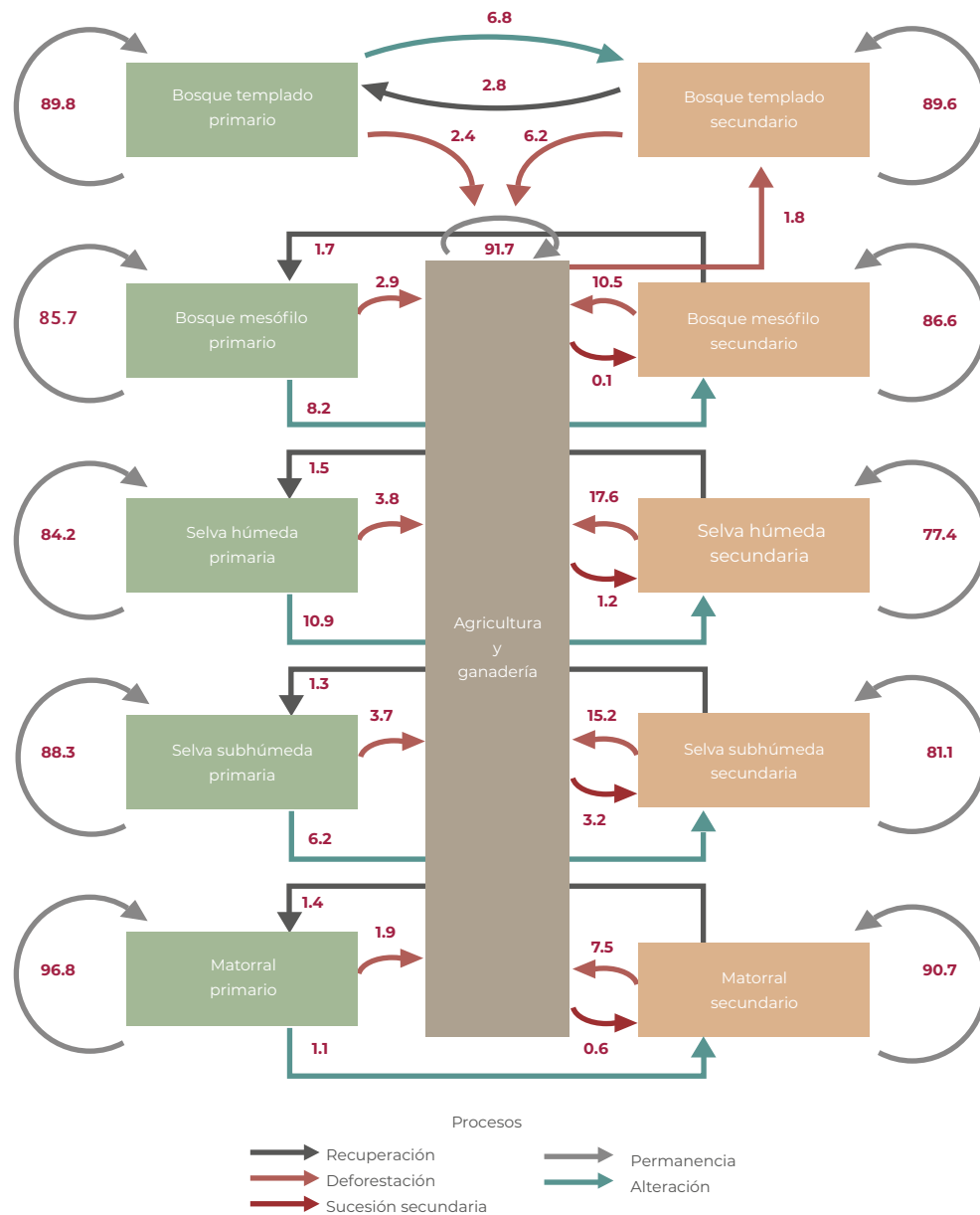
DEFORESTACIÓN

De acuerdo con la FAO (FAO, 2015) una unidad forestal es aquella que tiene al menos el 10% de su superficie cubierta por copas de árboles. En México, el Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (DOF, 2005) señala que la vegetación forestal de bosques y selvas es aquella en la que predominan especies leñosas que se desarrollan en forma natural, con una cobertura de copa mayor al 10% de la superficie que ocupa y siempre que formen masas mayores a 1 500 metros cuadrados. Esta definición incluye a los tipos de bosque y selvas descritos en la clasificación de INEGI. Por su parte, la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (DOF, 2018) define vegetación forestal como “el conjunto de plantas y hongos que crecen y se desarrollan en forma natural, formando bosques, selvas, zonas áridas y semiáridas, y otros ecosistemas, dando lugar al desarrollo y convivencia equilibrada de otros recursos y procesos naturales.”

⁵ De acuerdo con la FAO (FAO, 2015) la deforestación es el cambio permanente de la cobertura forestal hacia un terreno con una cobertura de copas (o densidad equivalente) menor al 10% de la superficie, acompañado de un cambio del uso del suelo. De acuerdo con la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (DOF, 2018) los matorrales de las zonas áridas y semiáridas del país también se consideran como vegetación forestal, por lo que también podría aplicarse el término deforestación, no obstante, diversas dependencias internacionales, como la FAO (FAO, 2015), consideran que la deforestación se restringe a zonas arboladas.

⁶ La degradación es un concepto técnico y científicamente delicado de precisar, su definición puede tener implicaciones políticas y jurídicas que hacen más ardua la tarea de elaborar una definición de degradación que sea mundialmente aceptada (FAO, 2002; Simula y Mansur, 2011). La degradación de la vegetación forestal es difícil de medir porque tiene diferentes orígenes, factores, formas y grados de intensidad; no obstante estas dificultades, la FAO (FAO, 2002) ha propuesto una definición común de degradación forestal: “[la degradación forestal es] la reducción de la capacidad del bosque de proporcionar bienes y servicios”. De acuerdo con la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (DOF, 2018) la degradación forestal se definiría como el “proceso de disminución de la capacidad de los suelos y ecosistemas forestales para brindar servicios ambientales, así como de su capacidad productiva”.

Figura 2.7 Modelo del cambio de uso del suelo, 2002 - 2014



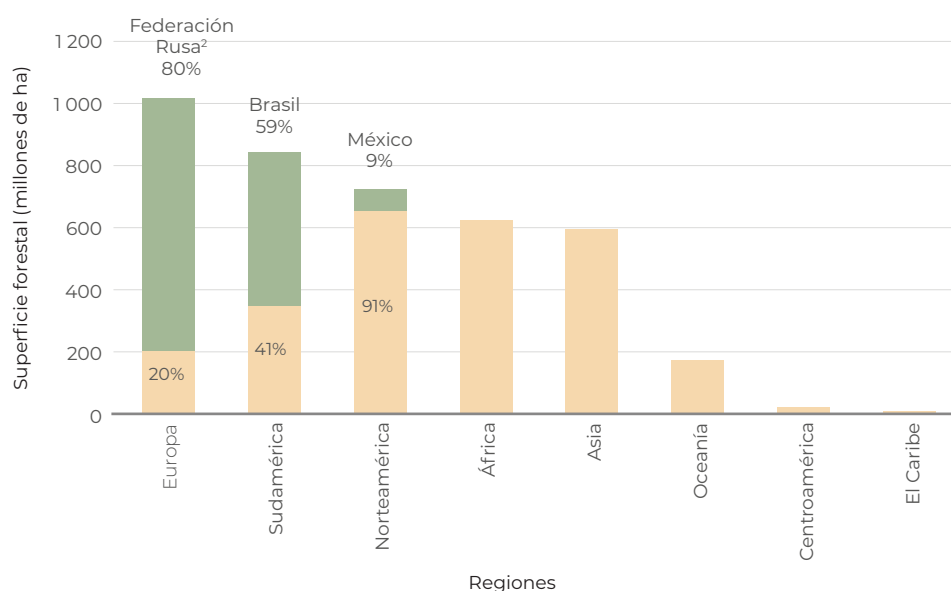
Fuentes:

INEGI. Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie III (2002), escala 1: 250 000. INEGI. México. 2005.
 INEGI. Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie VI (2014), escala 1: 250 000. INEGI. México. 2017.

La principal preocupación en torno a la deforestación se relaciona con la pérdida de la biodiversidad y de los servicios ambientales que brindan los bosques y las selvas, y en las últimas décadas a la influencia de esa pérdida con el calentamiento global. Los bosques y selvas además de ser algunos de los ecosistemas más diversos del planeta son fuente de muchos bienes de consumo (como la madera, leña, fibras y otros productos forestales no maderables) y de servicios ambientales indispensables para las comunidades humanas.

En 2015, los bosques mundiales cubrían casi 4 mil millones de hectáreas, es decir, alrededor del 31% de la superficie terrestre del planeta (FAO, 2015). El mayor remanente se encontraba ese año en Europa y Rusia occidental (26% del área forestal mundial), seguido por Sudamérica (21%) y Norteamérica (16.7%, al cual México aporta el 1.7%; Figura 2.8). A pesar de los esfuerzos para conservar los bosques del mundo, éstos han reducido su cobertura en las últimas décadas. No obstante, el ritmo neto al que ha avanzado la deforestación anualmente durante la última década ha mostrado una tendencia decreciente: 7.5 millones de hectáreas entre 1990 y 2000 (0.2% anual); 4.2 millones de hectáreas entre 2000 y 2005 (0.10% anual); 3.4 millones para el periodo 2005-2010 (0.08% anual) y cerca de 3.3 millones entre 2010 y 2015 (0.08% anual; Figuras 2.9a y 2.9c).

Figura 2.8 Zonas forestales en diferentes regiones del mundo, 2015¹



Nota:

¹ Los porcentajes por encima de las barras corresponden a la contribución del país a la superficie forestal de su región.

² Las superficies forestales de la Federación Rusa se suman a las cuentas de la región de Europa.

Fuente:

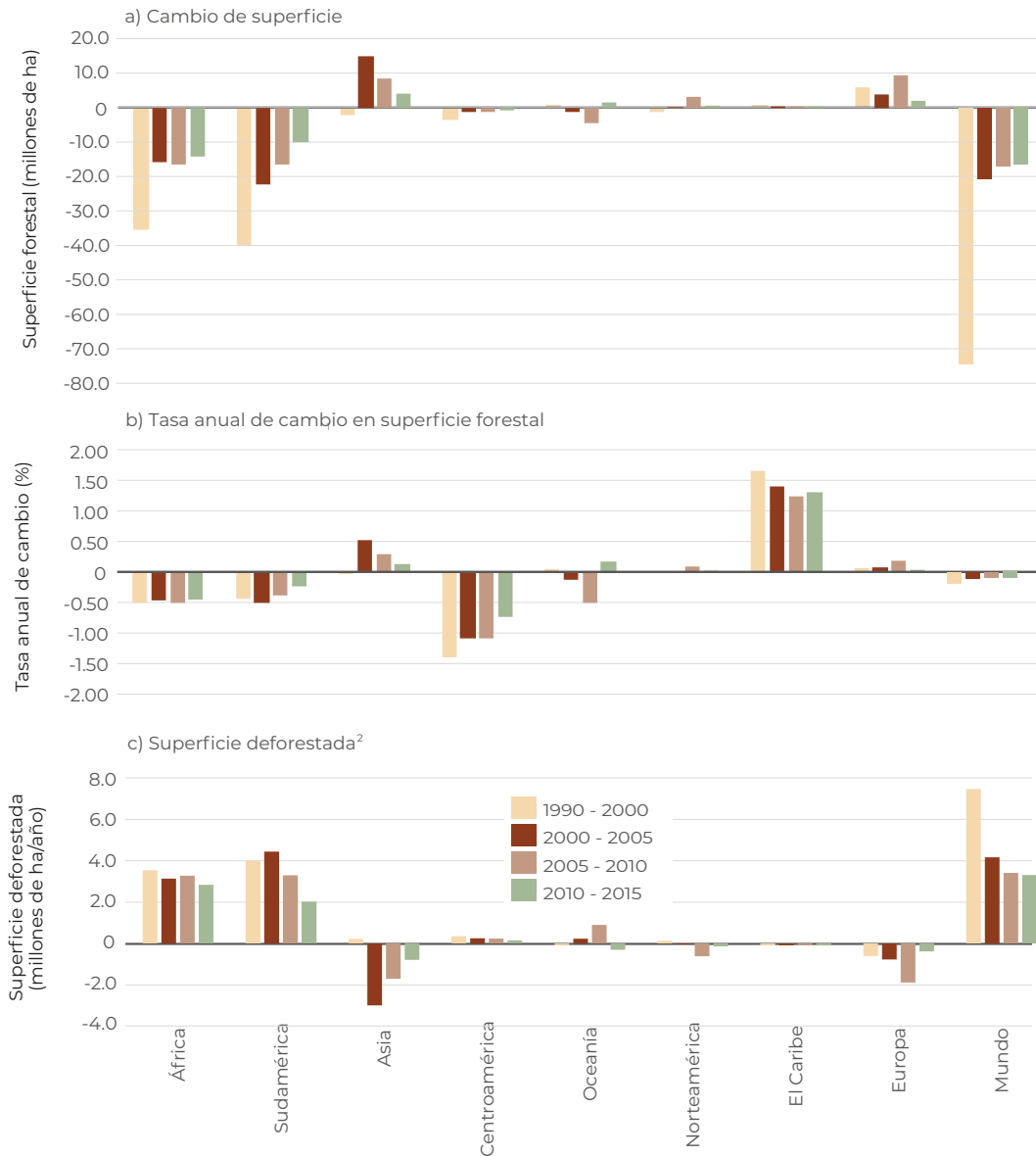
FAO. Global Forest Resources Assessment 2015. FAO. Roma. 2015.

En el periodo 1990-2015, Sudamérica fue la región que sufrió mayores cambios netos en su superficie forestal (88.8 millones de ha perdidas, tasa del 0.4% anual); le siguen: África (81.6 millones de ha, 0.5% anual), Centroamérica (6.7 millones de ha, 1.14%) y Oceanía (3.3 millones ha, 0.08%). En ese periodo, en Europa las superficies forestales se incrementaron 21.2 millones de hectáreas, mientras que en Asia y Norteamérica aumentaron 25.2 y 2.7 millones hectáreas, respectivamente (Figura 2.9b).

México, junto con Portugal y Corea del Sur, fueron los únicos tres países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) en los cuales se siguió perdiendo la superficie boscosa en el periodo 2010-2015 (FAO, 2015;

Figura 2.10a). En América Latina y el Caribe, México y Colombia fueron los países continentales que perdieron menos superficie boscosa en comparación con Honduras, Paraguay, El Salvador, Argentina y Guatemala; mención especial merecen Costa Rica, Uruguay, República Dominicana, Cuba y Chile, quienes aumentaron sus bosques en el periodo 2010-2015 (Figura 2.10b).

Figura 2.9 Deforestación en el mundo por superficie y tasa anual según región, 1990 - 2015



Nota:

¹ Se calculó con la fórmula $r = \left(\frac{s_2}{s_1} \right)^{1/t} * 100 - 100$, donde r es la tasa, s_2 y s_1 son las superficies para los tiempos final e inicial, respectivamente, y t es el tiempo transcurrido entre fechas.

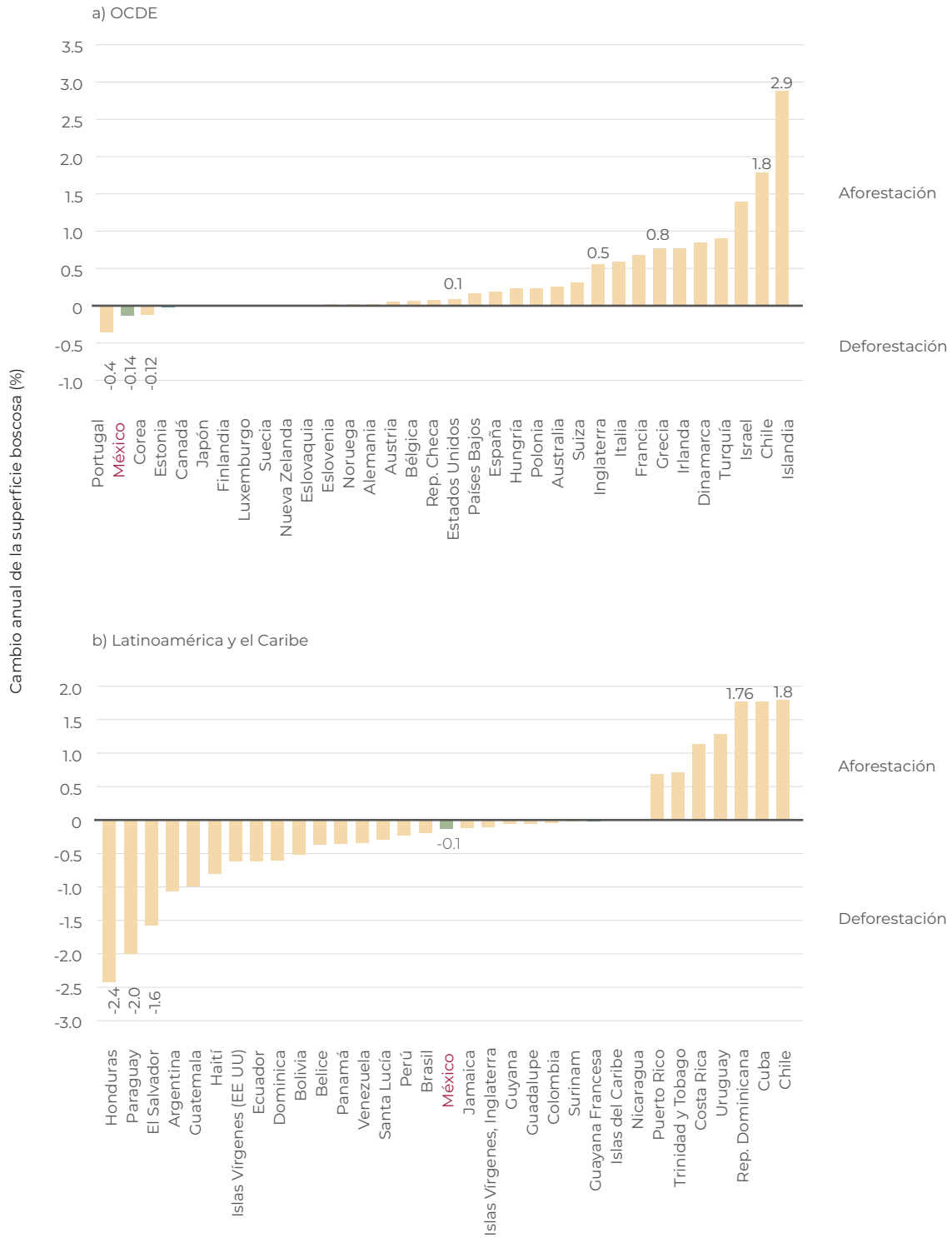
² La superficie deforestada incluye la subcategoría "Provocada por el hombre".

Fuentes:

FAO, Global Forest Resources Assessment 2015. FAO, Roma, 2015.

FAOSTAT, FAO. Land cover. Disponible en: www.fao.org/faostat/en/#data/LC. Fecha de consulta: marzo de 2018.

Figura 2.10 Tasas de deforestación para países de la OCDE y de Latinoamérica, 2005 - 2015



Fuentes:
 FAO. Global Forest Resources Assessment 2015. FAO. Roma. 2015.
 FAOSTAT, FAO. Land cover. Disponible en: www.fao.org/faostat/en/#data/LC. Fecha de consulta: marzo de 2018.

En México, las estimaciones de la deforestación obtenidas con distintos métodos y periodos han mostrado fuertes variaciones (Tabla 2.3). Las estimaciones oficiales más recientes corresponden a los Informes Nacionales de la Comisión Nacional Forestal (Conafor) que la FAO emplea para la publicación de la Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales (Forest Resources Assessment, FRA), cuyas ediciones más recientes corresponden a los años 2001, 2005, 2010 y 2015 (FAO, 2001; 2005; 2010 y 2015). La estimación más reciente de la Conafor muestra que en el periodo 2000-2015 la tasa neta de deforestación fue de 121 mil hectáreas al año. De los informes de la Conafor se observa una tendencia de reducción en la superficie deforestada al año en México: mientras que entre 1990 y 2000 se perdían 354 mil hectáreas anuales, para el periodo 2010-2015 la pérdida de bosques se estimó en 92 mil hectáreas anuales (Tabla 2.3).

Tabla 2.3 Estimaciones de la deforestación anual en México para distintos periodos^{1y2}

Periodo	Referencia ¹	Superficie deforestada (miles de ha/año)
1976-2000	Velázquez <i>et al.</i> , 2002	350
1980-1990	SARH, 1990	329
1980-1990	SARH, 1991	316
Mediados de los ochenta	Masera <i>et al.</i> , 1992	668
1988-1994	Castillo <i>et al.</i> , 1989	746
1993-2011	Semarnat, 2008	321
1993-2000	Velázquez <i>et al.</i> , 2002	776
2000-2005	FAO, 2010 ¹	235
2005-2010	FAO, 2010 ¹	155
2010-2015	FAO, 2015 ¹	92
1990-2000	FAO, 2015 ¹	190
2000-2010	FAO, 2015 ¹	136
2000-2015	FAO, 2015 ¹	121

Nota:

¹ Las estimaciones de la FAO sólo consideran las tierras boscosas, están se definen como tierras cubiertas por copas (o densidad equivalente) de árboles en más del 10% de la superficie y una extensión igual o mayor de 0.5 hectárea. Los árboles deben tener una altura mínima de 5 m en el momento de su madurez in situ.

² La FAO realiza, año con año, adecuaciones a las superficies de tierras boscosas, por lo cual las estimaciones de deforestación pueden variar en magnitud para diferentes periodos.

Fuentes:

FAO. *Forest Resources Assessment, Terms and Definitions 2015*. FAO. Roma. 2015.

FAO. *Global Forest Resources Assessment 2015*. FAO. Roma. 2015.

FAOSTAT, FAO. *Land cover*. Disponible en: www.fao.org/faostat/en/#data/LC. Fecha de consulta: marzo de 2018.

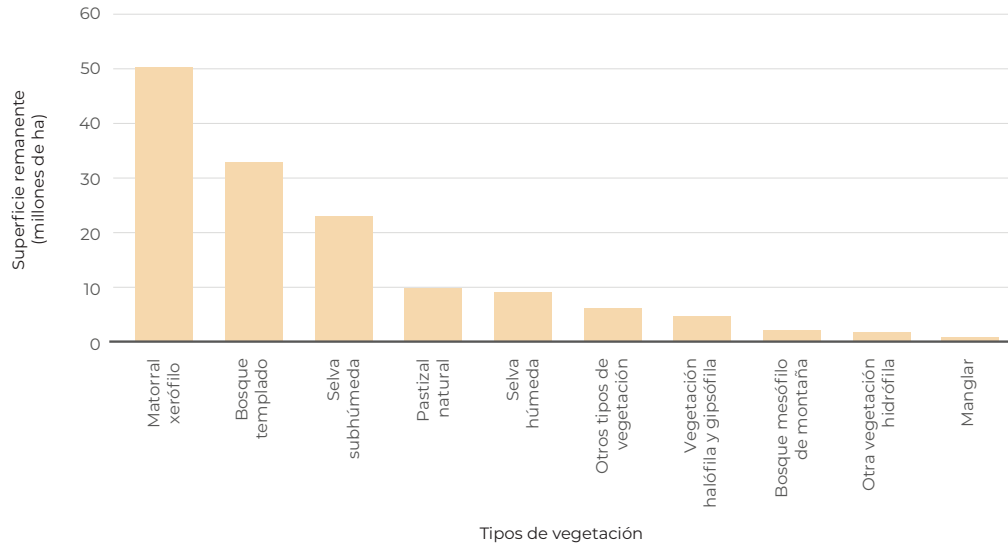
La deforestación, por causas naturales o antrópicas (Brockway *et al.*, 2014; Kara y Loewenstein, 2015), es la ruta de cambio de uso del suelo más frecuente en México, particularmente si se trata de selvas (Figura 2.7) y al igual que en otras partes del mundo, las actividades agropecuarias se consideran como uno de los principales responsables de la deforestación, seguidas de la tala clandestina y los incendios forestales intencionales. Hasta principios de la década pasada, era frecuente que una zona forestal incendiada no se recuperara debido a que era ocupada para otros usos del suelo (p. ej., el agropecuario). En la actualidad y de acuerdo con el artículo 97 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (2018), cuando una superficie forestal se incendia, ésta puede recuperarse después de un tiempo debido a que no se permite el cambio de uso del suelo; esta medida tiene el objetivo de desincentivar los incendios provocados y al mismo tiempo fomentar la conservación de la vegetación natural.

FRAGMENTACIÓN

Cuando se remueve parte de la vegetación original de una zona, ya sea por fenómenos naturales o por actividades humanas, suelen permanecer manchones pequeños relativamente intactos e inmersos en usos del suelo distintos a los de la cobertura original. Estos manchones o “islas” de vegetación tienden a perder sus especies nativas con el tiempo si se les compara con una superficie equivalente sin fragmentar. Este fenómeno se debe a que las poblaciones de algunas especies nativas necesitan una superficie mínima para realizar sus funciones a nivel de población, además de que varios procesos de degradación ocurren con mayor intensidad en los bordes del fragmento. En este sentido, no es lo mismo una selva de 100 mil hectáreas con cobertura continua que una selva dividida en cien fragmentos de mil hectáreas separados por otros usos del suelo. De acuerdo con Ritters y colaboradores (2000) la fragmentación de las selvas y bosques a nivel mundial es alta; estos autores estimaron que solo el 35% de la superficie arbolada no está fragmentada (formando áreas continuas de más de 80 km²) ni sufre efectos de borde (se ubica a más de 4.5 km de un borde de algún fragmento generado). Según su estudio, las selvas fueron los ecosistemas más fragmentados en ese año (Figura 2.11).

En el caso de México, para estimar la fragmentación de sus ecosistemas forestales se tomó como criterio que las áreas fragmentadas fueran todas aquellas superficies de vegetación natural menores a 80 kilómetros cuadrados; esta superficie se considera como la unidad mínima adecuada para mantener las condiciones adecuadas para las poblaciones biológicas y la biodiversidad en ciertos ecosistemas (ver Sánchez-Colón *et al.*, 2008). Las cartas de Uso del Suelo y Vegetación de INEGI son el insumo principal para obtener estimaciones del grado de fragmentación de los ecosistemas terrestres. Aunque estas estimaciones se han realizado a escala 1: 250 000, y por tanto pueden poseer poco detalle, dan una buena idea del grado de fragmentación de la vegetación natural en el país.

Figura 2.11 Vegetación remanente con fragmentación¹ en diferentes regiones del mundo, 2000



Nota:

¹ Las superficies de bosques y selvas bajo estudio se dividieron en cuadros de 9x9 km y cada cuadro se clasificó según la fragmentación de su vegetación remanente en seis categorías: 1) interior: la superficie forestal se encuentra en buenas condiciones; 2) borde: la superficie forestal se encuentra adyacente a sitios sin vegetación; 3) perforado: la masa forestal es continua con algunos sitios sin vegetación (claros) en su interior; 4) parche: superficie de bosque aislada por áreas sin vegetación; 5) Transición: la masa forestal posee algunos sitios sin vegetación pero éstos se están revegetando y, 6) Indeterminado: son los casos en los que no es posible distinguir entre las categorías de borde y transición.

Fuente:

Ritters, K., J. Wickham, R. O' Neill et al. Global scale patterns of forest fragmentation. *Conservation Biology* 4: 3-13. 2000.

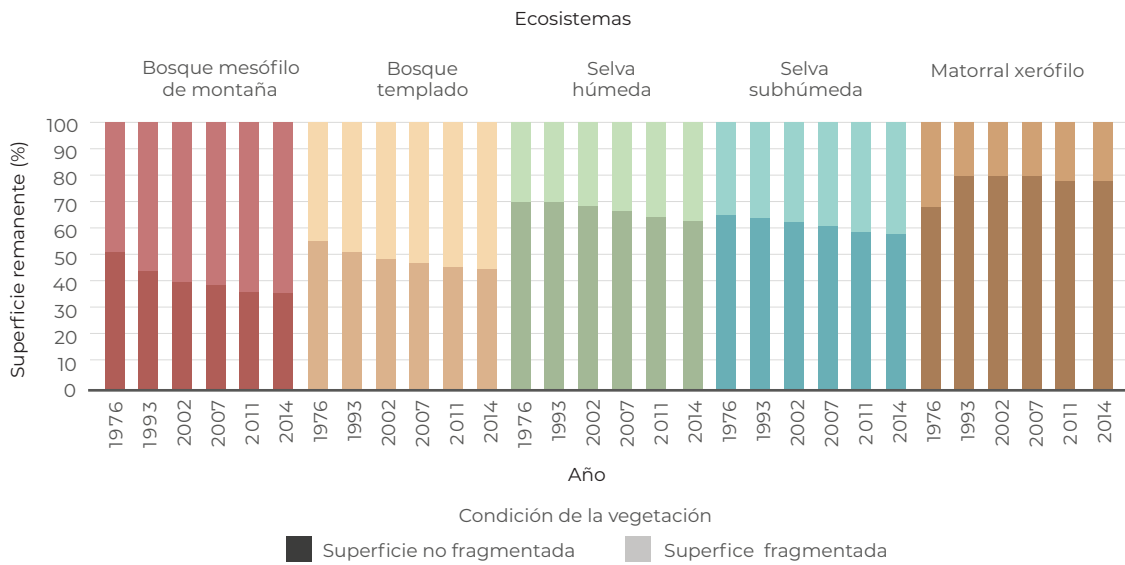
De acuerdo con la Carta de Uso del Suelo y Vegetación (serie VI) en el 2014 los bosques (incluyendo los templados y mesófilos de montaña) fueron los ecosistemas forestales más fragmentados del país: 55.6% de su superficie remanente (alrededor de 19 millones de ha) se encontraba en fragmentos menores a 80 km². Al desagregar esta formación vegetal (Figura 2.13), se observa que el bosque mesófilo de montaña fue el tipo de vegetación forestal más fragmentado en ese año, alcanzando el 64.8% de su superficie remanente, es decir, 1.16 millones de hectáreas (Figura 2.12).

Con relación a las selvas (37.2% húmedas y 42.4 subhúmedas) cerca de 12.9 millones de hectáreas estaban en fragmentos menores de 80 km² (Figura 2.13 y 2.14). Por su parte los matorrales mostraron el menor grado de fragmentación, alrededor del 79% de su superficie (39.3 millones de ha) no mostraba señales de esta condición.

La fragmentación de los ecosistemas afecta a toda la vegetación primaria y secundaria. En 2014, la fragmentación de la vegetación primaria fue significativa para algunos ecosistemas: por ejemplo, el 29.7% de los bosques mesófilos primarios y 35% de los bosques templados primarios pueden considerarse como fragmentados⁷ (Figura 2.14). Porcentajes menores de vegetación fragmentada se observan en las selvas húmedas y subhúmedas (11.9 y 15.6% de su superficie primaria, respectivamente) y en los matorrales (19.3%).

⁷ El bosque mesófilo de montaña y otros tipos de vegetación, no se distribuyen de forma natural en superficies continuas de gran extensión. Este fenómeno podría tener efectos significativos sobre los resultados obtenidos del análisis de fragmentación.

Figura 2.12 Fragmentación¹ de algunos ecosistemas terrestres en México, 1976 - 2014



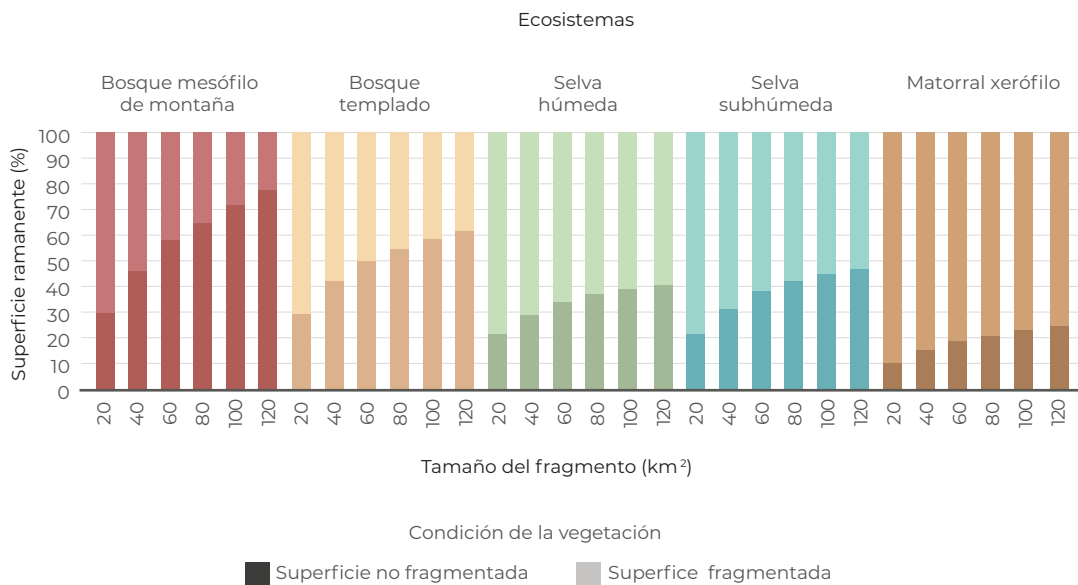
Nota:

¹ Para considerar un área de vegetación como "fragmentada", se tomó como criterio que su superficie fuese menor a 80 km².

Fuentes:

INEGI. Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie I (1968-1986), escala 1:250 000. INEGI. México. 2003.
 INEGI. Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie II (Reestructurada) (1993), escala 1:250 000. INEGI. México. 2004.
 INEGI. Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie III (2002), escala 1:250 000 (Continuo Nacional). INEGI. México. 2005.
 INEGI. Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie IV (2007), escala 1:250 000. INEGI. México. 2011.
 INEGI. Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie V (2011), escala 1: 250 000. INEGI. México. 2013.
 INEGI. Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie VI (2014), escala 1: 250 000. INEGI. México. 2017.

Figura 2.13 Fragmentación¹ de algunos ecosistemas terrestres en México, 2014



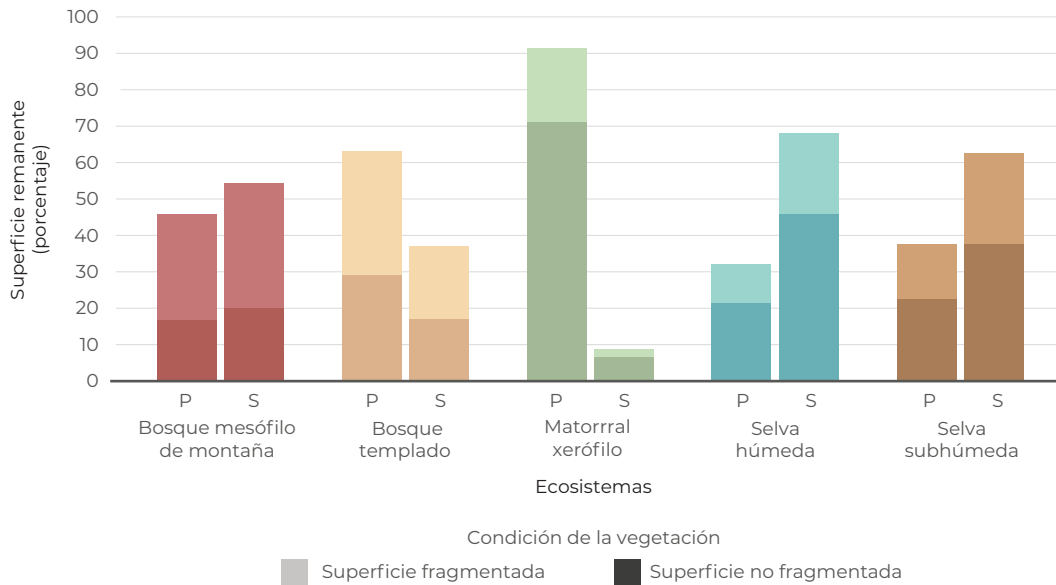
Nota:

¹ Para considerar un área de vegetación como "fragmentada", se tomó como criterio que su superficie fuese menor a 20, 40, 60, 80, 100 y 120 km².

Fuente:

INEGI. Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie VI (2014), escala 1: 250 000. INEGI. México. 2017.

Figura 2.14 Grado de fragmentación¹ y condición de la vegetación^{2,3} de algunos ecosistemas terrestres en México, 2014



Nota:

¹ Para considerar un área de vegetación como fragmentada, se tomó como criterio que su superficie fuese menor a 80 km².

² P: Vegetación primaria

³ S: Vegetación secundaria

Fuente:

INEGI. Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie VI (2014), escala 1: 250 000. INEGI. México. 2017

DEGRADACIÓN DE MATORRALES Y PASTIZALES

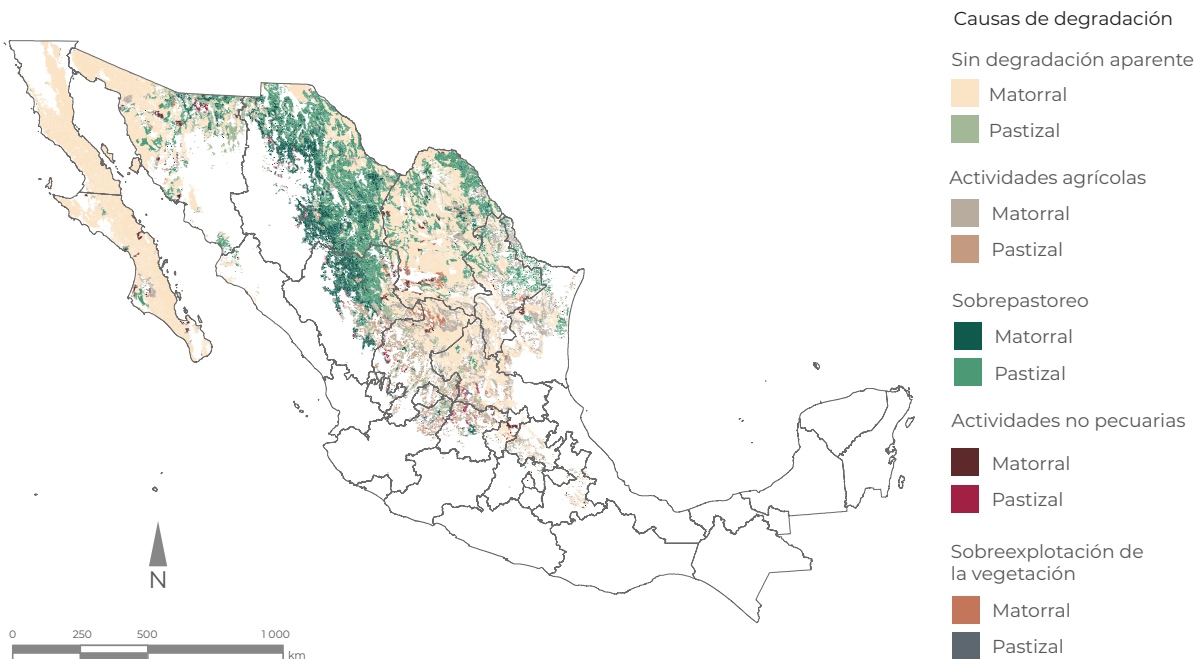
Los matorrales, huizachales, mezquitales y pastizales que caracterizan a las zonas áridas de México también han sufrido un proceso de deterioro por causa de las actividades humanas. Las actividades agropecuarias, la fragmentación por la construcción de infraestructura, las sequías prolongadas y los incendios son solo algunos de los factores que los afectan. Aunque la degradación de los matorrales es más difícil de evaluar a partir de la información disponible (en comparación con la deforestación, por ejemplo), los inventarios nacionales muestran que esta formación vegetal es la que más lentamente ha sido transformada a otros usos de suelo, y por tanto constituye una de las comunidades que conserva una mayor proporción de su superficie como vegetación primaria o sin alteraciones muy evidentes (alrededor del 90.8% en 2014; Figura 2.2). No obstante, en términos absolutos, el nivel de degradación de los matorrales no es despreciable: los matorrales secundarios ocupan poco más de 46 mil kilómetros cuadrados, es decir, una extensión similar a la superficie de los estados de Yucatán o Quintana Roo.

Los matorrales presentan gran diversidad de formas, aún dentro de un área reducida. Por esta razón, cuando un matorral se altera en un sitio particular, la vegetación resultante puede ser muy similar a la que en otro sitio puede considerarse natural.

Bajo estas condiciones, es difícil deducir en el caso de los matorrales si la vegetación que ahí se encuentra es primaria o si se trata de una localidad con vegetación en estado secundario. Estas evaluaciones se vuelven más complejas si se derivan del análisis con base en métodos de percepción remota, sin tener datos suficientes de estudios directos en el campo.

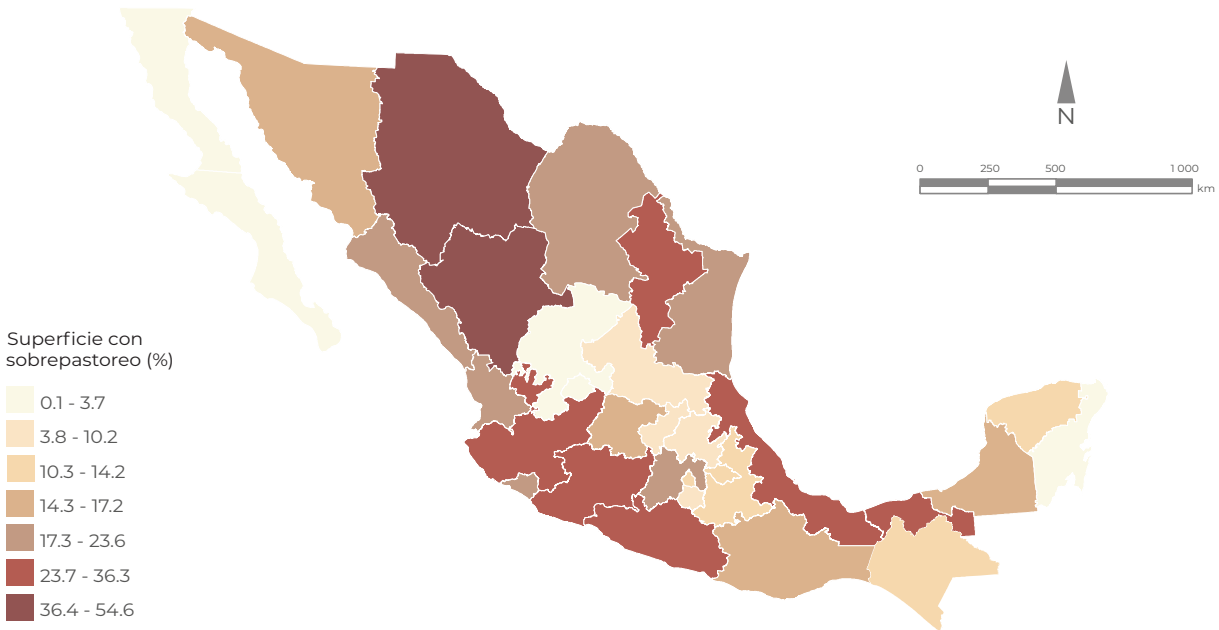
Un análisis realizado por el Instituto Nacional de Ecología (INE-Semarnat, 2003) utilizando técnicas alternativas para determinar la degradación, mostró que en municipios del territorio nacional donde el número de cabezas de ganado sobrepasaba la capacidad de carga máxima de sus ecosistemas el 70% de los matorrales estaban sobreexplotados y en franco en proceso de degradación. Según el estudio del INE, solamente los matorrales del occidente de Coahuila, el Desierto de Altar y de la porción central de la península de Baja California no se hallaban sobrepastoreados (Mapa 2.8). Estas estimaciones contrastan con las obtenidas de las Cartas de Uso del Suelo y Vegetación que muestran que el 8.3% de matorrales eran secundarios en 2014. En el caso de los pastizales, otro estudio mostró que el sobrepastoreo afectaba al 95% de los pastizales naturales del norte árido de la república en 2002 (Mapa 2.9). En suma, todo lo anterior muestra que la magnitud de la degradación de los ecosistemas de las zonas áridas del país es aún incierta y es necesario realizar más estudios específicos para conocerla.

Mapa 2.8 Causas de degradación en pastizales naturales y matorrales, 2014



Fuentes:
 Dirección General de Ordenamiento y Conservación de Ecosistemas, INE. México. 2003.
 INEGI. Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie VI (2014), escala 1: 250 000. INEGI. México. 2017.
 Semarnat y CP. Evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre en la República Mexicana, escala 1: 250 000. Memoria Nacional 2001-2002. Semarnat y CP. México. 2003.

Mapa 2.9 Sobrepastoreo por entidad federativa, 2002



Fuente:

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

OTRAS AMENAZAS A LOS ECOSISTEMAS TERRESTRES

INCENDIOS FORESTALES

Además de la deforestación y la fragmentación, los ecosistemas también son modificados por otros factores naturales, como los incendios, sequías, especies invasoras, plagas y enfermedades forestales, así como por los eventos climáticos extremos o atípicos (Dale *et al.*, 2001). Bajo condiciones naturales, los ecosistemas frecuentemente son capaces de amortiguar los impactos y, después de un tiempo, regresar a un estado similar al que se encontraban antes de la perturbación; sin embargo, también es posible que estos factores naturales actúen de forma sinérgica con perturbaciones asociadas a actividades humanas, provocando daños severos a la estructura y algunas funciones del ecosistema.

Los incendios forestales se consideran una condición que ayuda producir cambios en la estructura y dinámica de la comunidad vegetal (abriendo claros, cambiando la composición del suelo, liberando nutrientes, fomentando la germinación de semillas, entre otros). A pesar de que los incendios son un fenómeno que ocurre de forma natural, sobre todo en los bosques templados y algunos matorrales (Matthews *et al.*, 2000; SCBD, 2001a), en la actualidad y debido a las actividades humanas, los patrones naturales de ocurrencia de los incendios se han modificado. En los últimos años se ha observado que muchos de los incendios forestales ocurren en zonas en las que históricamente no se habían presentado, mientras que, en zonas con ocurrencia de incendios periódicos, éstos han disminuido (SCBD, 2001a; Castillo *et al.*, 2003).

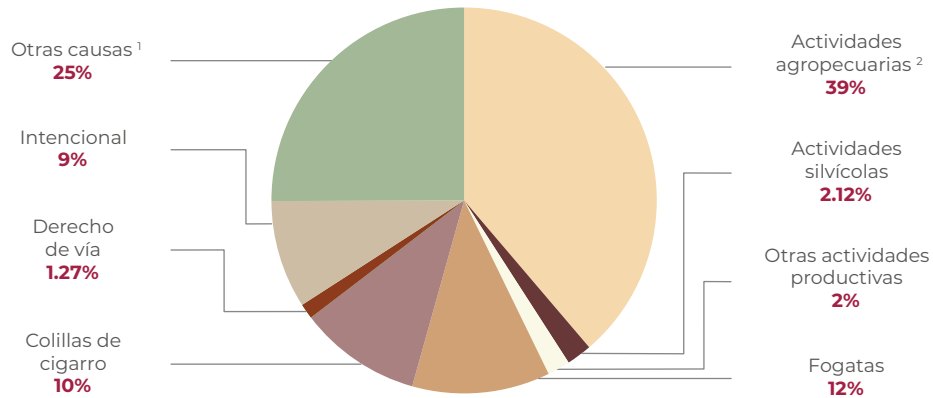
Los efectos de los incendios sobre los ecosistemas dependen de su intensidad y frecuencia. El efecto más importante es la remoción de la biomasa vegetal en pie y de los renuevos de las poblaciones vegetales. Dependiendo de la extensión y la magnitud de la conflagración, las especies más dañadas son las arbóreas, lo cual retrasa o interrumpe la regeneración natural, además de que propicia la invasión de especies oportunistas, de plagas y enfermedades forestales (Matthews *et al.*, 2000; Castillo *et al.*, 2003). En el caso de la fauna, su efecto directo puede ser la muerte (sobre todo en los organismos de poca movilidad), y entre los efectos indirectos pueden mencionarse la pérdida y modificación del hábitat, así como la escasez de alimento (SCBD, 2001a; Castillo *et al.*, 2003; Haltenhoff, 2005). La afectación a la fauna puede producir alteraciones en las redes tróficas y en la estabilidad de los ecosistemas; incluso si los incendios persisten en frecuencia pueden alterar o reducir la biodiversidad y degradar o eliminar los servicios ambientales (SCBD, 2001a; Castillo *et al.*, 2003). A nivel global, los incendios son un factor que libera importantes cantidades de carbono a la atmósfera, lo que contribuye al cambio climático.

En el caso de los ecosistemas forestales sujetos a manejo o plantación, los efectos de los incendios pueden observarse en dos niveles: por un lado, en el deterioro y pérdida de los recursos maderables y, por otro, en el deterioro de la calidad del sitio donde se han establecido. El calor del fuego produce la muerte y deformación de los tejidos de los árboles, reduciendo la calidad de su madera (Castillo *et al.*, 2003). Como se ha mencionado en párrafos anteriores, el fuego también puede eliminar por completo los renuevos de las poblaciones de las especies plantadas, o bien puede iniciar procesos de sucesión en favor de especies más competitivas y hacer a las poblaciones susceptibles al ataque de plagas y enfermedades forestales (Matthews *et al.*, 2000; Castillo *et al.*, 2003).

Las principales causas que originan los incendios forestales en el mundo son la tala sostenida de bosques, el empleo del fuego como práctica agropecuaria para la habilitación de terrenos cultivables o de pastoreo y las fogatas no controladas. En México, en el periodo 2004 a 2017, las principales causas de los incendios forestales (sin considerar otras causas) fueron las quemas no controladas durante las actividades agropecuarias (39%), seguidas por fogatas no controladas (12%), colillas de cigarro (10%) y los incendios intencionales (9%; Figura 2.15).

El número de incendios ocurridos y la superficie siniestrada se han mantenido sin una tendencia clara a lo largo de los últimos veinte años en el país (Figura 2.16). Entre 1991 y 2017, el promedio anual de incendios fue de 8 094 eventos, con una superficie siniestrada promedio de cerca de 284 mil hectáreas. En ese periodo, algunos años destacaron por la frecuencia e intensidad de los de incendios, como en el caso de los años 1998, 2011 y 2013. En estos años, se registraron 14 445, 12 113 y 10 405 incendios, respectivamente; tan solo en 1998 y 2011 la superficie total afectada de cerca de 850 mil y 956 mil hectáreas, respectivamente, la cual fue de más de tres veces el promedio anual siniestrado entre 1991 y 2017.

Figura 2.15 Causas de los incendios forestales en México, 2004 - 2017



Notas:

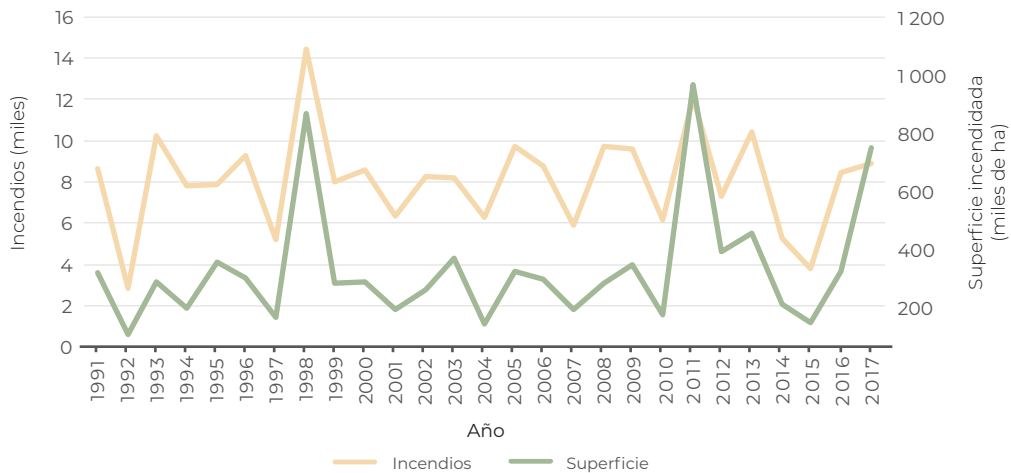
¹ Otras causas incluye: descargas eléctricas, cultivos ilícitos, quema de basureros, cazadores furtivos, entre otras.

² La categoría de actividades agropecuarias incluye: quema de pastos y roza, tumba y quema.

Fuente:

Gerencia de Incendios Forestales, Conafor. México. Diciembre de 2017.

Figura 2.16 Incendios forestales y superficie afectada en México, 1991 - 2017¹



Nota:

¹ Los datos de 2017 son al mes de diciembre.

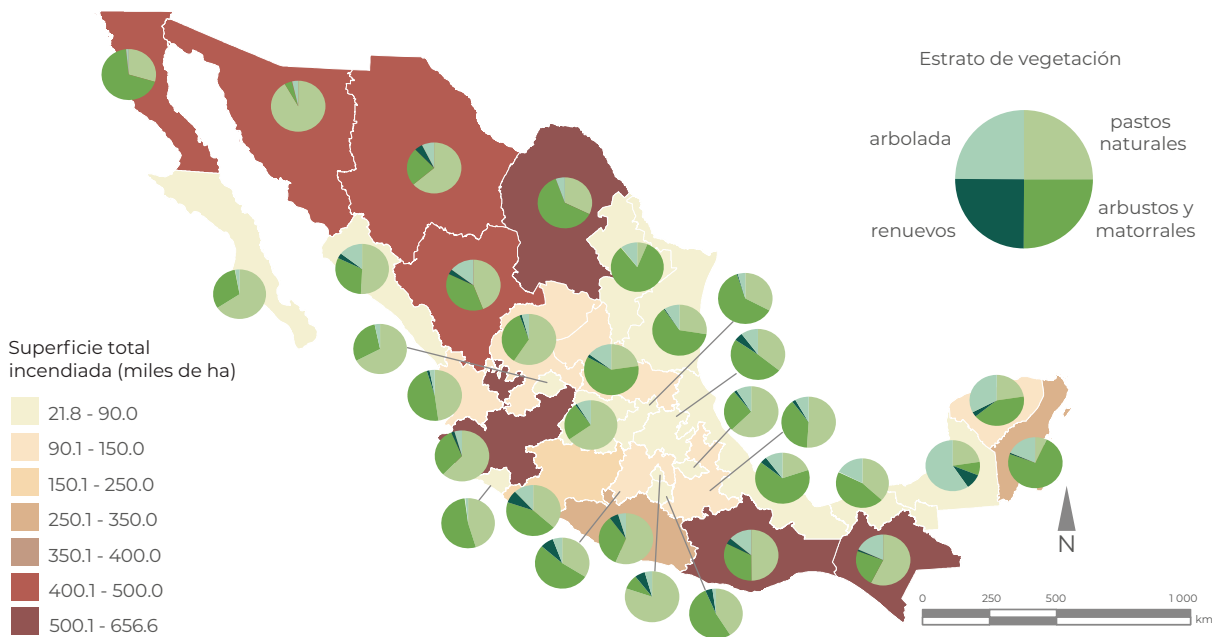
Fuentes:

Gerencia de Incendios Forestales, Conafor. México. Marzo de 2018.

Semarnap. Anuario Estadístico de la Producción Forestal 1997, 1998, 1999. 1a. edición. Semarnap. México. 1998-2000.

A nivel de entidad federativa, los estados que registraron las mayores superficies afectadas por incendios entre 1998 y 2017 fueron Oaxaca (alrededor de 657 mil ha; 10.4% del total nacional del periodo), Coahuila (598 mil ha; 9.4%) y Chiapas (575 mil ha; 9.1%; Mapa 2.10; cuadro [D3_RFORESTA05_02](#)). Con relación al estrato de la vegetación afectado por las conflagraciones, el mayor porcentaje correspondió a los pastizales y al estrato arbustivo, seguidos por la vegetación arbolada. En el año 2017, los porcentajes para estos tipos de vegetación fueron 69% (503 mil ha), 26% (187 mil ha) y 3% (22 mil ha), respectivamente (Figura 2.17; cuadro [D3_RFORESTA05_03](#)).

Mapa 2.10 Superficie estatal incendiada y por estrato de vegetación, 1998 - 2017 ^{1y2}



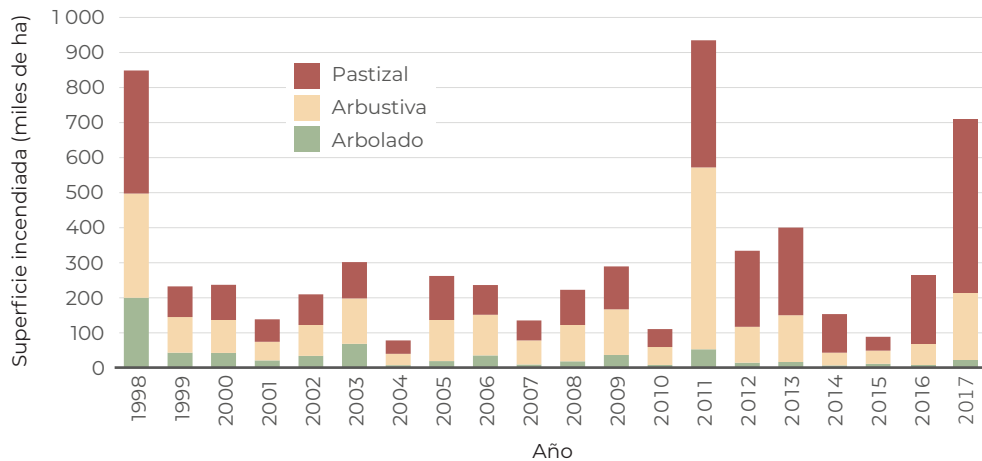
Notas:

¹ Las gráficas circulares muestran la contribución del estrato de vegetación afectado con respecto a la superficie total incendiada en el periodo.
² Los datos del 2017 son al mes de diciembre.

Fuentes:

Gerencia de Incendios Forestales, Conafor. México. Marzo de 2018.
 Semarnap. Anuario Estadístico de la Producción Forestal 1998, 1999. Semarnap. México. 1999-2000.

Figura 2.17 Superficie afectada por incendios forestales según estrato de vegetación, 1998 - 2017¹



Nota:

¹ Los datos de 2017 son al mes de diciembre.

Fuentes:

Gerencia de Incendios Forestales, Conafor. México. Marzo de 2018.
 Semarnap. Anuario Estadístico de la Producción Forestal 1997, 1998, 1999. 1a. edición. Semarnap. México. 1998-2000.

PLAGAS Y ENFERMEDADES FORESTALES

Las plagas, al igual que los incendios forestales, son un fenómeno natural que ayuda a controlar la densidad y la distribución espacial de las poblaciones y son consideradas como una de las principales causas de disturbio en los bosques templados. En México se tiene un registro de alrededor 70 especies de insectos y patógenos que afectan al arbolado del país, algunas de los cuales se citan en la Tabla 2.4.

Tabla 2.4 Principales plagas forestales de importancia económica y ecológica en México

Especie	Nombre común	Tipo de vegetación afectada
<i>Conophthorus edulis</i>	Barrenador de cono de pinos	Áreas de pino piñonero
<i>Conophthorus</i> sp.	Barrenador de cono de pinos	Áreas de pino piñonero
<i>Phytophthora cinamomi</i>	Muérdago verdadero	Bosque templado
<i>Arceuthobium blumeri</i>	Muérdago enano	Bosque templado
<i>Apogonalia mediolineata</i>	Defoliadores y chupadores	Bosque templado
<i>Arceuthobium globosum</i>	Muérdago enano	Bosque templado
<i>Arceuthobium</i> sp.	Muérdago enano	Bosque templado
<i>Arceuthobium strictum</i>	Muérdago enano	Bosque templado
<i>Arceuthobium vaginatum</i>	Muérdago enano	Bosque templado
<i>Cronartium quercum</i>	Roya de los pinos	Bosque templado
<i>Cryptostegia grandiflora</i>	Caucho de la India	Bosque templado
<i>Cydia</i> sp.	Barrenador de conos de pino	Bosque templado
<i>Dendroctonus adjunctus</i>	Descortezador del pino de las alturas	Bosque templado
<i>Dendroctonus frontalis</i>	Descortezador del pino del sur	Bosque templado
<i>Dendroctonus mexicanus</i>	Descortezador menor del pino	Bosque templado
<i>Dendroctonus pseudotsugae</i>	Descortezador de pino pseudotsuga	Bosque templado
<i>Dendroctonus</i> sp.	Descortezador	Bosque templado
<i>Diabrotica</i> spp.	Escarabajo defoliador de las hojas	Bosque templado
<i>Fusarium circinatum</i>	Cancro resinoso del pino	Bosque templado
<i>Hemiceras</i> sp.	Defoliadores y chupadores	Bosque templado
<i>Ips caligraphus</i>	Escarabajo descortezador	Bosque templado
<i>Ips cibricollis</i>	Escarabajo descortezador	Bosque templado
<i>Ips</i> spp.	Escarabajo descortezador	Bosque templado
<i>Neodiprion bicolor</i>	Mosca sierra	Bosque templado
<i>Neodiprion omusus</i>	Mosca sierra	Bosque templado
<i>Phoradendron bolleanum</i>	Muérdago verdadero	Bosque templado
<i>Pithyophthorus</i> sp.	Barrenador de ramillas	Bosque templado
<i>Scolytus</i> sp.	Descortezador	Bosque templado
<i>Zadiprion falsus</i>	Mosca sierra mayor	Bosque templado

Tabla 2.4 Continuación...

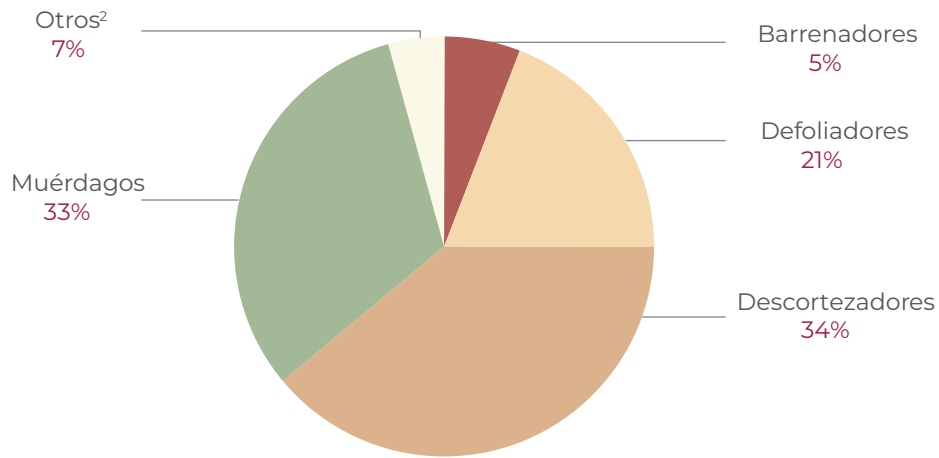
Especie	Nombre común	Tipo de vegetación afectada
<i>Dendroctonus rhizophagus</i>	Descortezador de la raíz del pino	Bosque templado en regeneración
<i>Antiteuchus piceus</i>	Chinche de los pinos	Bosque de pino-encino, vegetación urbana
<i>Neodiprion autumnalis</i>	Mosca sierra	Bosque de pino-encino, vegetación urbana
<i>Phoradendron californicum</i>	Muérdago verdadero	Bosque de pino-encino, vegetación urbana
<i>Phoradendron galeotti</i>	Muérdago verdadero	Bosque de pino-encino, vegetación urbana
<i>Phoradendron juniperinum</i>	Muérdago verdadero	Bosque de pino-encino, vegetación urbana
<i>Phoradendron minutifolium</i>	Muérdago verdadero	Bosque de pino-encino, vegetación urbana
<i>Phoradendron</i> sp.	Muérdago verdadero	Bosque de pino-encino, vegetación urbana
<i>Phoradendron villosum</i>	Muérdago verdadero	Bosque de pino-encino, vegetación urbana
<i>Psittacanthus</i> spp.	Muérdago verdadero	Bosque de pino-encino, vegetación urbana
<i>Struthanthus quercicola</i>	Muérdago verdadero	Bosque de pino-encino, vegetación urbana
<i>Struthanthus</i> sp.	Muérdago verdadero	Bosque de pino-encino, vegetación urbana
<i>Tillandsia recurvata</i>	Heno motita	Bosque de pino-encino, vegetación urbana
<i>Cladocolea</i> sp.	Muérdago	Bosque de pino-encino, vegetación urbana
<i>Rhynchophorus palmarum</i>	Picudo de la palma	Palmares
<i>Raoiella indica</i>	Ácaro rojo	Palmares y zonas costeras
<i>Atta</i> spp.	Hormiga arriera	Plantaciones forestales
<i>Chrysobothris</i> sp.	Barrenador de tallo del cedro rojo	Plantaciones forestales
<i>Chrysobothris yucatanensis</i>	Barrenador de tallo del cedro rojo	Plantaciones forestales
<i>Olivea tectonae</i>	Roya de la teca	Plantaciones forestales
<i>Eulepte gastralis</i>	Gusano esqueletizador	Plantaciones forestales
<i>Hypsipyla grandella</i>	Barrenador de brotes de las meliáceas	Plantaciones forestales
<i>Hyblaea puera</i>	Defoliadores y chupadores	Selva baja y mediana
<i>Malacosoma</i> sp.	Defoliador del ahuejote	Vegetación urbana y plantaciones forestales
<i>Paranthrene dollii</i>	Barrenador del álamo	Vegetación urbana y plantaciones forestales
<i>Scolytus multistriatus</i>	Descortezador del olmo	Vegetación urbana y plantaciones forestales

Fuente:

Gerencia de Sanidad Forestal, Conafor. México. Diciembre de 2017.

De acuerdo con el monitoreo periódico que realiza la Semarnat de las zonas forestales del país, en el periodo 1990-2017 el promedio de la superficie afectada al año por plagas y enfermedades forestales fue de 56 227 hectáreas. De esta superficie, la mayor parte correspondió a los descortezadores (34%), seguidos por los muérdagos (33%), defoliadores (21%) y barrenadores (5%; Figura 2.18). En este periodo, los estados con mayor superficie promedio afectada por enfermedades forestales fueron Oaxaca (5 218 ha anuales), Chihuahua (4 832 ha), Durango (4 669 ha) y Nuevo León (3 043 ha; Mapa 2.11).

Figura 2.18 Superficie afectada por plagas y enfermedades forestales, 1990 - 2017¹



Notas:

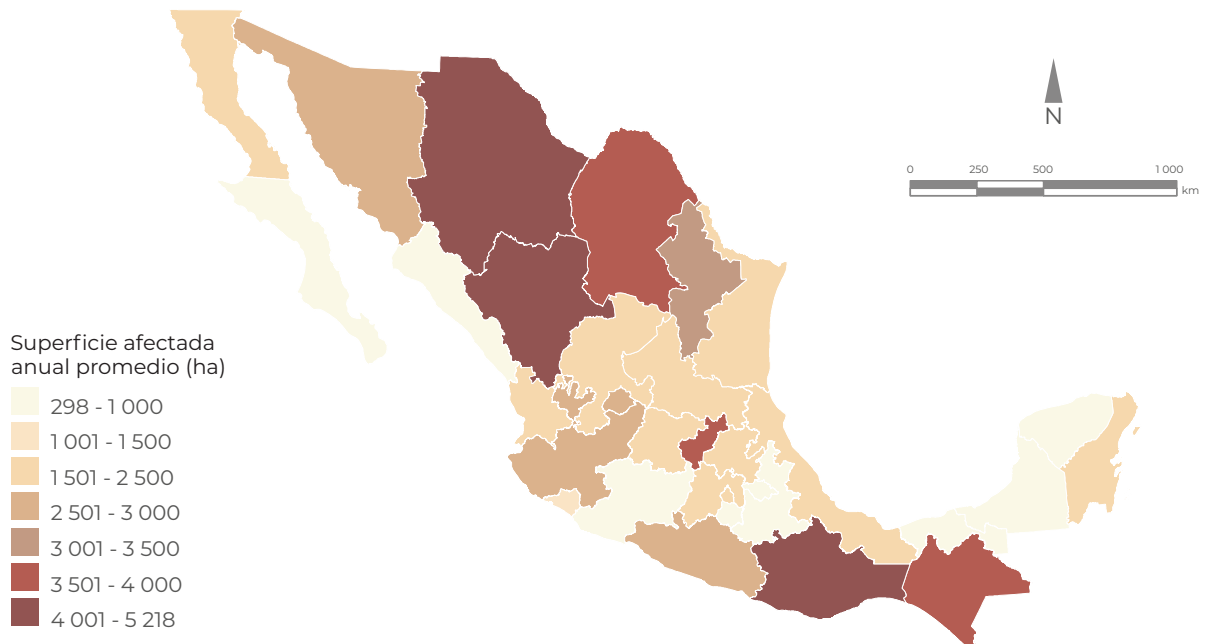
¹ Los agentes causales de enfermedades vasculares son: *Pytophthora cinamomi* y *Cronartium quercum*; los de enfermedades de raíz incluyen: *Dendroctonus rhizophagus*, *Armillaria* spp., y *Phytopatrichum omnivorum*; y los de enfermedades de conos incluyen: *Cydia phyllisi* y *Conophorus ponderosae*.

² La categoría "Otros" se refiere a enfermedades forestales que, por ser diversas y de bajo impacto, se integran en una sola categoría; incluye: declinamiento del encino, royas y pudriciones de fuste y raíz, entre otros.

Fuente:

Gerencia de Sanidad Forestal, Conafor. México. Diciembre de 2017.

Mapa 2.11 Superficie afectada por plagas y enfermedades forestales por entidad federativa, 1990 - 2017 ¹



Nota:

¹ La categoría "Otros" se refiere a enfermedades forestales que, por ser diversas y de bajo impacto, se integran en una sola categoría; incluye: declinamiento del encino, royas y pudriciones de fuste y raíz, entre otros.

Fuente:

Gerencia de Sanidad Forestal, Conafor. México. Diciembre de 2017.

FACTORES RELACIONADOS AL CAMBIO DE USO DEL SUELO

Existen varias hipótesis que tratan de explicar los factores responsables del cambio de uso del suelo. La hipótesis más aceptada es la presión que ejerce el crecimiento de la población y la consecuente expansión de la urbanización sobre la demanda de recursos locales para el desarrollo de viviendas, industria, vías de comunicación y la ampliación de la frontera agropecuaria, entre otras. Aunque se reconoce la relación entre el crecimiento de la población y el cambio del uso del suelo, esta relación no es lineal y simple, pues en las últimas décadas se ha observado que las tasas de crecimiento poblacional y de expansión de la frontera agropecuaria o zonas urbanas no han crecido a la misma velocidad: la superficie agropecuaria se ha expandido más lentamente que el crecimiento de la población mundial. Este fenómeno podría explicarse por las formas nuevas de producción intensiva en espacios más reducidos y por la densificación de las zonas urbanas.

CRECIMIENTO DE LA FRONTERA AGROPECUARIA

La conversión de terrenos hacia usos agropecuarios es una de las causas más importantes de la deforestación en el mundo (FAO, 2015). De acuerdo con información de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa), en el periodo de 1980 a 2016, la superficie agrícola cultivada en México se mantuvo constante, entre 18 y 25 millones de hectáreas, con un promedio de poco más de 21 millones de hectáreas (cuadro [D2_AGRIGAN03_01](#)). Sin embargo, esto no significa que durante este periodo no se abrieran nuevas tierras al cultivo.

Según las Cartas de Uso del Suelo y Vegetación del INEGI, persiste la transformación de terrenos con vegetación natural a usos agropecuarios, aunque en los últimos años su ritmo ha disminuido. Entre 2002 y 2007 se transformaban alrededor de 272 mil hectáreas por año, mientras que para los periodos de 2007-2011 y 2011-2014 se observó una reducción a 96 y 91 mil hectáreas por año, respectivamente (Figura 2.19a). En el periodo de 2002 a 2014, de la vegetación natural transformada en tierras de uso agropecuario, 33.4% provino de selvas subhúmedas, 16.1% de selvas húmedas, 15.8% de matorrales xerófilos, 15.7% de bosques templados, 7.4% de pastizales naturales, 1.7% de bosques mesófilos de montaña y el 9.9% de otras coberturas naturales (Figura 2.7). La tasa de crecimiento de las áreas destinadas a la agricultura y a la ganadería (los pastizales cultivados o inducidos) se ha reducido en los últimos años (Figura 2.19b).

La ganadería se practica en todos los estados del país de acuerdo con los datos de la Comisión Técnico Consultivo de Coeficientes de Agostadero (Cotecoca); según sus estimaciones se practica en una superficie de casi 110 millones de hectáreas, es decir, cerca del 55% de la superficie total de la república (Cotecoca, 2004 y 2015).⁸

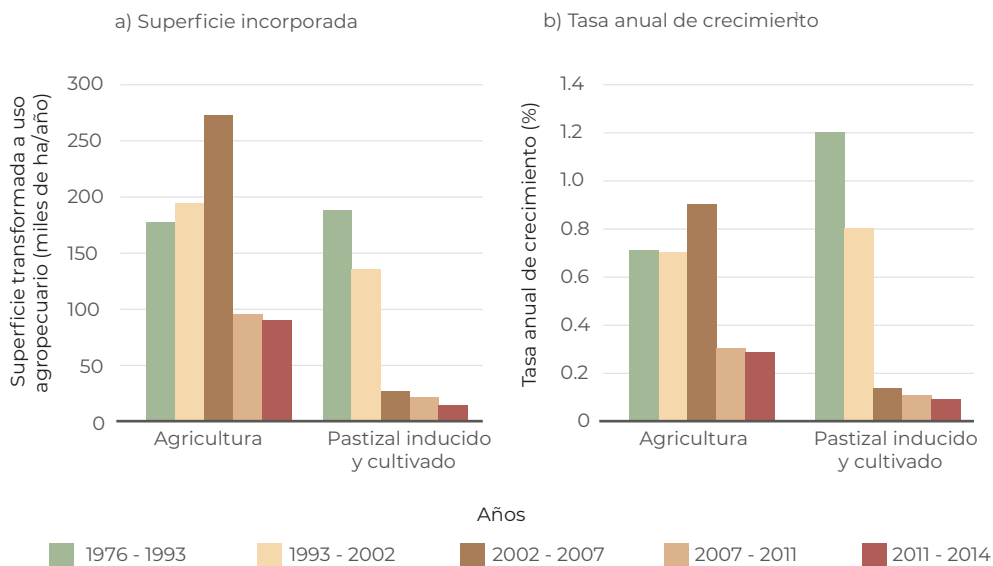
⁸ Los datos citados corresponden al año 1994, la información fue revisada en 2009 por la Cotecoca y determinó que no era necesaria su actualización.

Considerando esta estimación y tomando en cuenta que, según las cartas de vegetación del INEGI, en 2014 los pastizales inducidos y cultivados cubrían cerca de 19 millones de hectáreas (cerca de 10% del país), entonces los restantes 91 millones de hectáreas de superficie ganadera deberían estar ubicados en vegetación natural. Esto dejaría solo 49 millones de hectáreas de vegetación natural (es decir, 35% de la superficie remanente) libres de actividades ganaderas (Figura 2.20).

A nivel estatal, según la Cotecoca, las mayores proporciones relativas de superficies ganaderas se registraban en Sonora (83% del estado), Coahuila (77%), San Luis Potosí (74%), Zacatecas (72%), Chihuahua (72%) y Nuevo León (71%). En contraste, los estados con menores coberturas ganaderas son Tlaxcala (7%), Ciudad de México (11%) y Nayarit (14%; Mapas 2.12 y 2.13; cuadro D2_AGRIGAN04_02).

Con respecto a la población ganadera, en las últimas dos décadas se ha observado una reducción en su tamaño. En 1980 se registraron 67.6 millones de cabezas (considerando al ganado bovino, caprino, ovino y porcino), mientras que en 2016 se registraron 65.5 millones, es decir, 2.1 millones menos que en 1980. El descenso más marcado se observó en el ganado bovino, que disminuyó de 34.6 millones de cabezas a 31.3 millones (10%); por su parte, el número de ovejas aumentó 36% con respecto a 1980 y el de cabras se redujo 9% (Figura 2.21).

Figura 2.19 Superficie incorporada al uso agropecuario y tasa de crecimiento anuales en México, 1976 - 2014



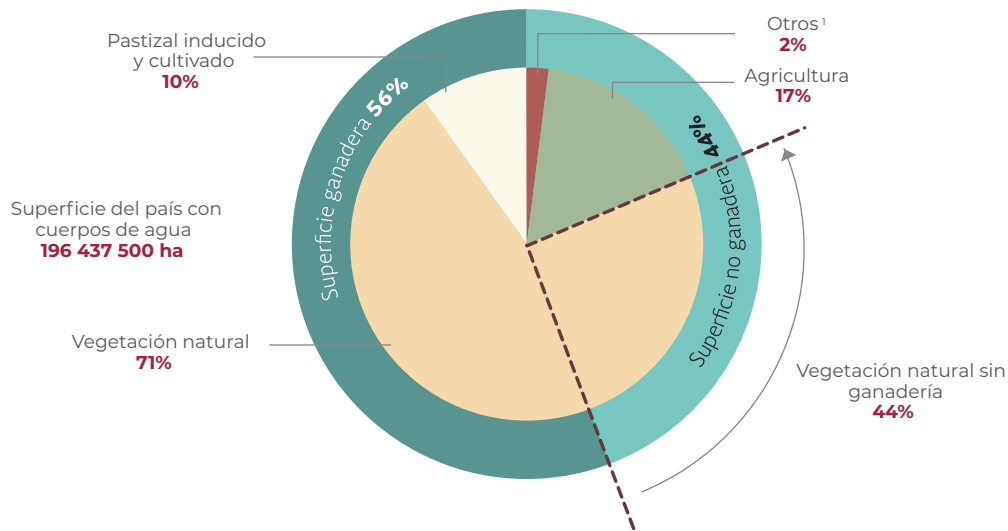
Nota:

¹ Se calculó con la fórmula $r = \left(\frac{s_2}{s_1} \right)^{(1/t)} \times 100 - 100$, donde r es la tasa, s_2 y s_1 son las superficies para los tiempos final e inicial, respectivamente, y t es el tiempo transcurrido entre fechas.

Fuentes:

- INEGI. Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie I (1968-1986), escala 1: 250 000. INEGI. México. 2003.
- INEGI. Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie II (Reestructurada) (1993), escala 1: 250 000. INEGI. México. 2004.
- INEGI. Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie III (2002), escala 1: 250 000 (Continuo Nacional). INEGI. México. 2005.
- INEGI. Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie IV (2007), escala 1: 250 000. INEGI. México. 2011.
- INEGI. Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie V (2011), escala 1: 250 000. INEGI. México. 2013.
- INEGI. Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie VI (2014), escala 1: 250 000. INEGI. México. 2017.

Figura 2.20 Superficie ganadera y usos del suelo en México, 2014



Nota:

¹ Incluye zonas urbanas, forestales y cuerpos de agua.

Fuentes:

Cotecoca. *Monografías de Coeficientes de Agostadero, años 1972-1981*. Cotecoca, Sagarpa. México. 2004.
INEGI. *Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie VI (2014)*, escala 1: 250 000. INEGI. México. 2017.

Mapa 2.12 Superficie ganadera por entidad federativa, 2012¹



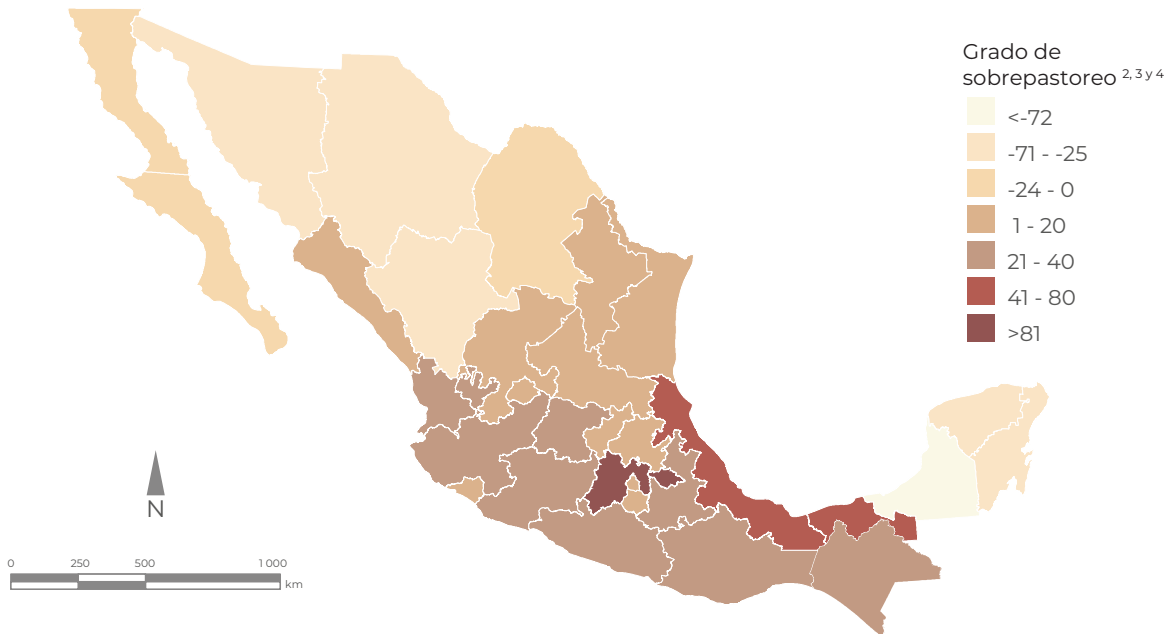
Nota:

¹ La superficie ganadera es el área ocupada por agostaderos y praderas, dedicada principalmente a la cría de ganado en condiciones de pastoreo. Los datos del año 1999 fueron estimados en ese año por la Comisión Técnico Consultiva de Coeficientes de Agostadero (Cotecoca), con base en las monografías de coeficientes de agostadero correspondientes al periodo 1972-1981; los datos del año 2012 se basan en información de las Delegaciones Federales de la Sagarpa. Debido a la naturaleza de la información, no se modifica periódicamente, continuando su vigencia.

Fuentes:

Cotecoca. *Coeficientes de agostadero*. Cotecoca, Sagarpa. México. 1999.
Cotecoca. *Coeficientes de agostadero*. Cotecoca, Sagarpa. México. 2015.
SIAP, Sagarpa. *Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON)*. Disponible en: www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-pecuaria. Fecha de consulta: marzo de 2018.

Mapa 2.13 Grado de sobrepastoreo por entidad federativa, 2016¹



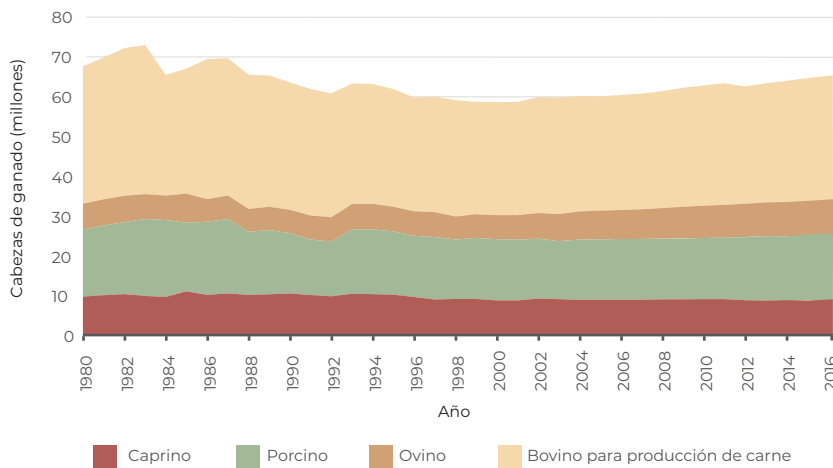
Nota:

- ¹ Por la naturaleza de la información, esta no se modifica periódicamente. Ha sido revisada por Cotecoca y confirma su vigencia. Abril de 2015.
- ² La superficie con sobrepastoreo fue calculada por la Dirección General de Estadística e Información Ambiental de Semarnat, a partir de la información cartográfica de: Semarnat y Sagarpa.
- ³ El grado de sobrepastoreo se estimó con base a datos de coeficientes de agostadero ponderado por tipo de vegetación y número de cabezas de ganado (bovino para producción de carne, caprino y ovino) libre y semiestabulado.
- ⁴ El coeficiente de agostadero ponderado es el coeficiente representativo para la entidad. Se calcula dividiendo la superficie total de los diferentes sitios de tipo de vegetación y productividad forrajera que en ella existen, entre el total de su capacidad de carga animal.

Fuentes:

Cotecoca. Memorias de Coeficientes de Agostadero, años 1972-1986. Cotecoca, Sagarpa. México. 2004.
 Cotecoca. Coeficientes de agostadero, abril 2015. Cotecoca, Sagarpa. México. 2015.
 SIAP, Sagarpa. Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON). Disponible en: www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-pecuaria. Fecha de consulta: marzo de 2018.

Figura 2.21 Población de ganado bovino, caprino, ovino y porcino en México, 1980 - 2016



Fuente:

SIAP, Sagarpa. Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON). Disponible en: www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-pecuaria. Fecha de consulta: marzo de 2018.

USO DE LOS RECURSOS NATURALES DE LOS ECOSISTEMAS TERRESTRES

La vegetación del país, su diversidad biológica y sus servicios ambientales son una fuente importante de recursos. En la actualidad la mayor parte de los alimentos consumidos por la sociedad proviene de plantas y animales domesticados, sin embargo, esto no significa que su dependencia de la vida silvestre sea poca o nula. Es bien sabido que una proporción importante de la población, en particular la que habita en zonas rurales, utiliza leña como fuente de combustible y utiliza muchos de los recursos silvestres para su vida cotidiana. En países en vías de desarrollo, millones de personas obtienen gran parte de la proteína de su dieta de la pesca o la caza. Esta sección se enfocará particularmente en la explotación de los recursos naturales de las zonas forestales, es decir, de los recursos maderables y no maderables de bosques y selvas. El uso de la vida silvestre se analiza en otra sección de este capítulo y en el capítulo [Biodiversidad](#).

Los bosques y selvas brindan diversos servicios ambientales a la sociedad: por un lado, de ellos se extraen los llamados productos maderables, que se refieren a la madera empleada en la producción de escuadría (tablas, tablones, vigas y materiales de empaque), papel, chapa, triplay y para la generación de energía; por otro lado, proveen también de los productos no maderables, que incluyen la tierra de monte, resinas, fibras, ceras, frutos y plantas vivas, entre otros (SCBD, 2001b y c).

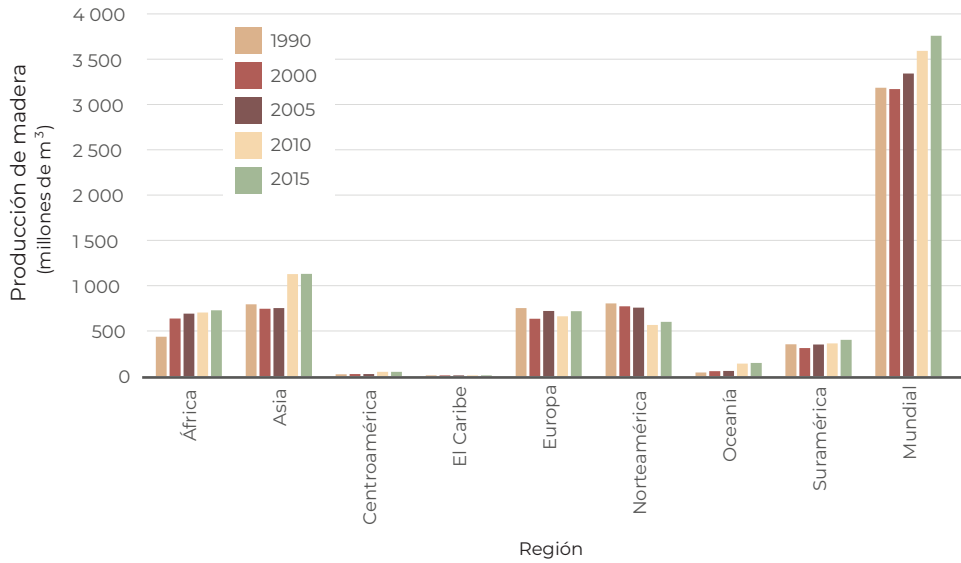
RECURSOS FORESTALES MADERABLES

Entre 1990 y 2015, la producción mundial de madera (considerando únicamente madera en rollo y leña) creció 18%, pasando de 3.2 a 3.8 millones de toneladas (Figura 2.22). En 2015 las regiones más productivas en madera fueron Asia (30% de la producción mundial), África (19.3%), Europa (19%) y Norteamérica (16%); en contraste, las regiones con menores volúmenes producidos fueron Centroamérica (1.2% del total global) y el Caribe (0.2%). A pesar de la estabilidad en los valores de la producción mundial en ese periodo, algunas regiones mostraron tasas de crecimiento negativas en su producción maderable, como en el caso de los países del Caribe y Europa (-0.2% cada uno) y Norteamérica (-1.2%).

En 2015, los mayores productores de madera en rollo fueron Estados Unidos (19% de la producción global), la Federación Rusa (10%), China (9%), Canadá y Brasil (cada uno con 8%; Figura 2.23). Los países mencionados, en conjunto, contabilizaron el 53% de la producción mundial de madera de ese año, mientras que México contribuyó con solo el 0.28% de la producción mundial.

Las existencias maderables de un país dependen principalmente de la extensión de sus bosques y selvas, así como de la cantidad de madera disponible por unidad de superficie, la cual está relacionada tanto con las condiciones y recursos del lugar,

Figura 2.22 Producción mundial de madera¹ según región, 1990 - 2015



Nota:

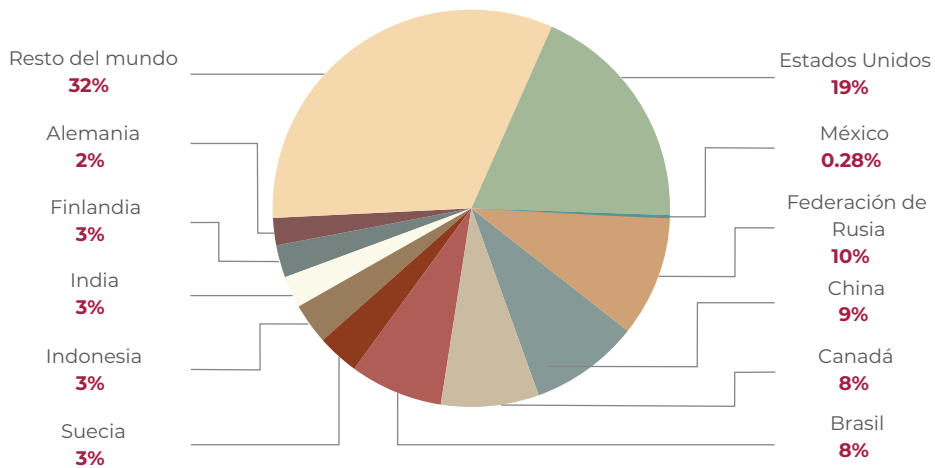
¹ Incluye madera industrial en rollo y leña.

Fuentes:

FAO. *Forest Resources Assessment 2015*. FAO. Roma. 2015.

FAOSTAT, FAO. *Forestry production and trade*. Disponible en: www.fao.org/faostat/en/#data/FO. Fecha de consulta: abril de 2018.

Figura 2.23 Contribución a la producción¹ forestal mundial, según país, 2015



Nota:

¹ Incluye solo madera industrial en rollo.

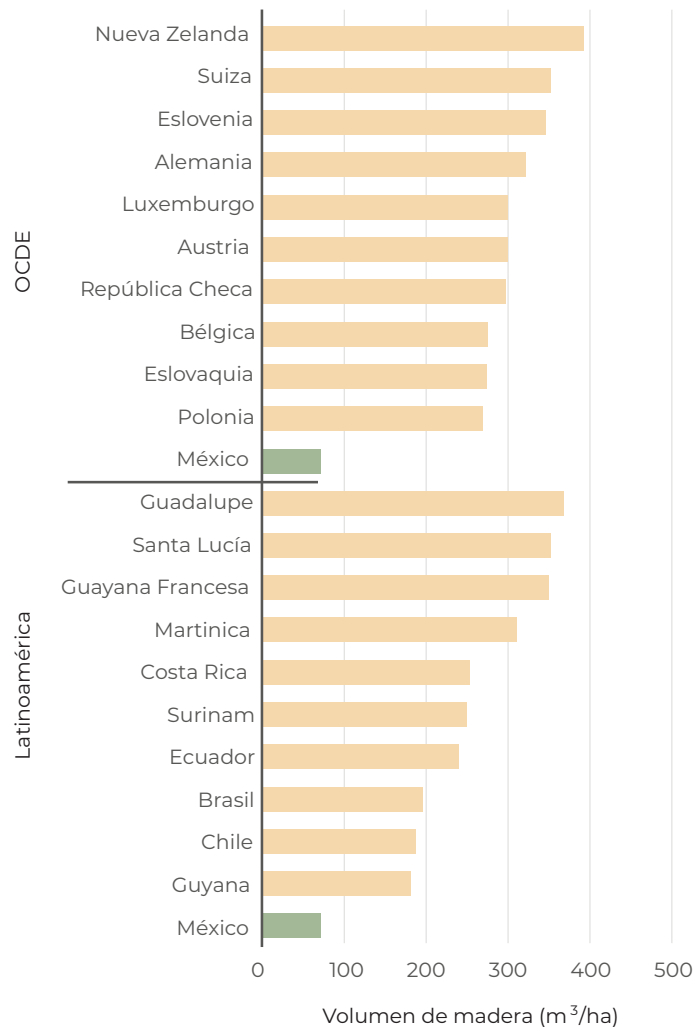
Fuentes:

FAO. *Forest Resources Assessment 2015*. FAO. Roma. 2015.

FAOSTAT, FAO. *Forestry production and trade*. Disponible en: www.fao.org/faostat/en/#data/FO. Fecha de consulta: abril de 2018.

la calidad del sitio⁹ (los bosques templados, por ejemplo, por lo general acumulan más madera por unidad de área que otros ecosistemas forestales) y del manejo que se da a la vegetación. Los países con las mayores existencias de madera son la Federación Rusa, Estados Unidos, Brasil e Indonesia. En términos de la cantidad de madera por unidad de superficie, México se encuentra entre los países que tienen menores volúmenes cuando se le compara con los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) y con algunos de América Latina (Figura 2.24).

Figura 2.24 México en el mundo: existencias de madera por hectárea en bosques, 2015



Fuentes:

FAO. *Forest Resources Assessment 2015*. FAO. Roma. 2015.

FAOSTAT, FAO. *Forestry production and trade*. Disponible en: www.fao.org/faostat/en/#data/FO. Fecha de consulta: abril de 2018.

⁹ En las ciencias forestales, el término "calidad de sitio" se utiliza para denotar la productividad relativa de un sitio para una especie forestal determinada, lo cual permite realizar clasificaciones de la calidad del terreno según su potencial de producción (FAO, 2012).

EXISTENCIAS MADERABLES NACIONALES

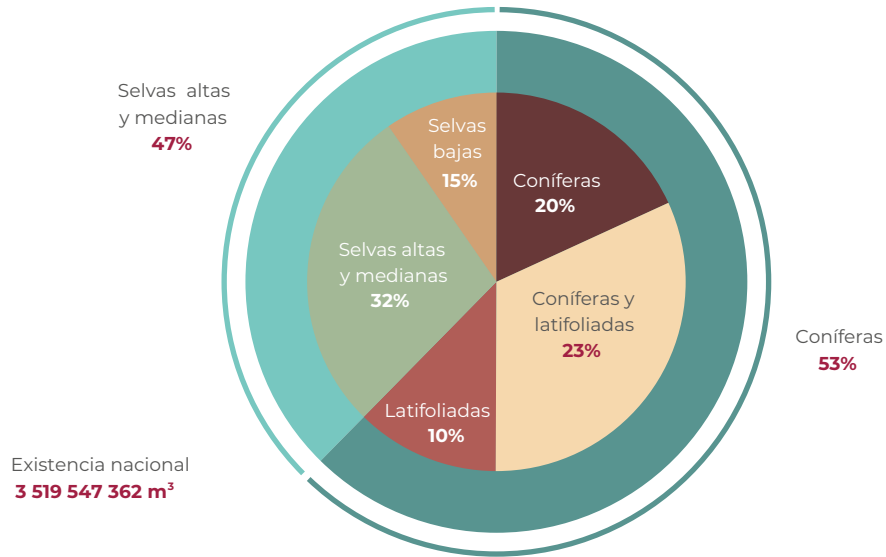
El gobierno de México ha realizado, a la fecha, cuatro inventarios forestales nacionales. Estos inventarios, sin embargo, no son comparables entre sí debido a sus distintas metodologías, lo que hace imposible evaluar cambios temporales en las existencias de recursos maderables. El primer inventario se realizó entre los años 1961 a 1985 y utilizó fotografías aéreas y datos obtenidos de muestreos de campo. El segundo, el Inventario Nacional Forestal de Gran Visión (1991-1992; SARH, 1992) fue el primero en contener información a escala nacional 1:1 000 000; para su elaboración se emplearon imágenes de satélite de alta y baja resolución, así como cartografía temática existente. El tercer inventario, conocido como el Inventario Nacional Forestal Periódico (1994; SARH, 1994), empleó imágenes de satélite de mediana resolución e información de datos levantados en parcelas de muestreo con lo generó mapas en escala 1: 250 000. Por último, los Inventarios Nacionales Forestales y de Suelos (INFyS) 2004-2009 y 2009-2014 son sus versiones más recientes (Conafor, 2012 y 2018).

Los últimos inventarios se realizaron mediante un muestreo sistemático por conglomerados en dos etapas. Entre octubre de 2004 y noviembre de 2007, se establecieron más de 20 mil conglomerados distribuidos a lo largo y ancho del país, cada uno integrado por cuatro sitios de 400 m²; esto significa que se recabó información en más de 80 mil sitios en todos los tipos de vegetación de México. Los datos obtenidos del muestreo incluyen 112 variables entre las que destaca la altura de los estratos, el diámetro de los árboles, la identidad de las especies y algunas características del suelo. El análisis de estas variables ha hecho posible tener estimaciones confiables del volumen de madera por comunidad y especie, estimación de la diversidad alfa y beta de especies, aproximaciones a curvas de crecimiento y de rendimiento, entre otras.

De acuerdo con el último INFyS, entre 2009 y 2014 el país contaba con alrededor de 3 519 millones de metros cúbicos de madera en rollo en pie en una superficie de alrededor de 62.4 millones de hectáreas de selvas y bosques. Del total de madera, el mayor porcentaje se concentraba en los bosques¹⁰ (53% del total, alrededor de 1 849 millones de m³) y el restante en las selvas (47%, equivale a 1 1 671 millones de m³; Figura 2.25). De acuerdo con este inventario, los depósitos más importantes de madera se encuentran en las selvas altas y medianas, con alrededor del 32% del volumen total nacional (1 136 millones de m³), le siguen los bosques de coníferas y latifoliadas (23%, alrededor de 800 millones de m³), los bosques de coníferas (20%, poco más de 693 millones de m³) y las selvas bajas (15%, 534 millones de m³; Figura 2.25).

¹⁰ En el Inventario la categoría "bosques" incluye a las masas forestales compuestas por coníferas, latifoliadas y la mezcla de ambas, incluyendo al bosque mesófilo de montaña. Esta categoría agrupa a los tipos de vegetación que esta publicación clasifica como bosques templados y bosque de galería. En cuanto a las selvas, el inventario incluye a las masas forestales de selvas altas, medianas y bajas, pero no considera al matorral subtropical, el cual es incluido en la categoría "selvas" en este informe.

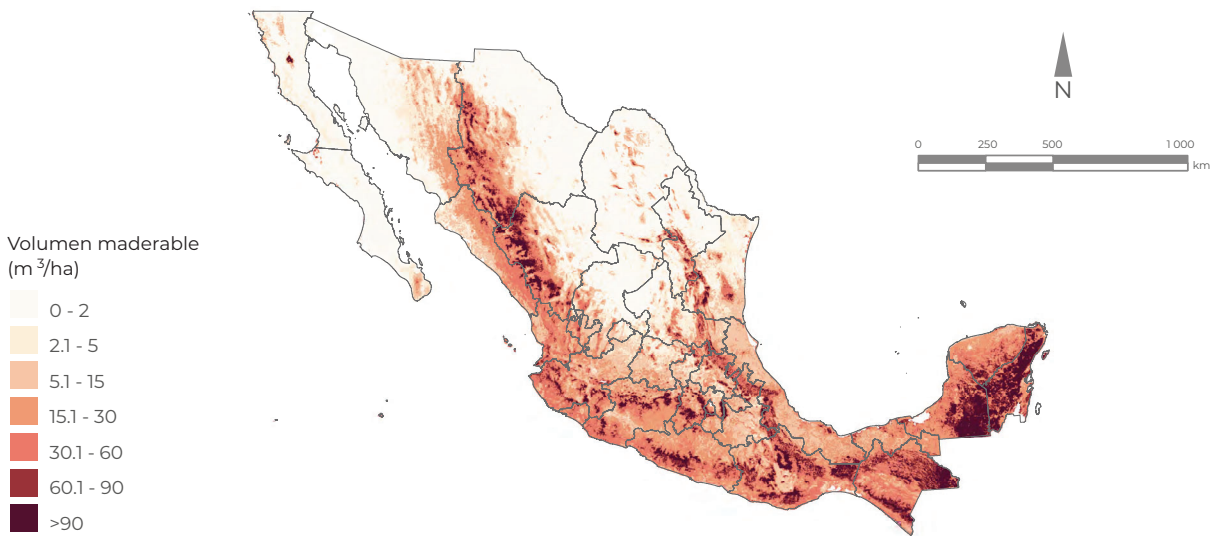
Figura 2.25 Existencias maderables en bosques y selvas en México, 2009 - 2014



Fuente:
Conafor. *Inventario Nacional Forestal y de Suelos. Informe 2009-2014*. Conafor. México, 2018.

Las áreas boscosas con mayores existencias de volumen de madera se ubican sobre la Sierra Madre Occidental del estado de Durango, con valores superiores a los 90 metros cúbicos por hectárea (Mapa 2.14). Los bosques de Oaxaca, Chiapas y Guerrero también cuentan con grandes existencias en volumen de madera. Por su parte, las selvas con los mayores volúmenes maderables se localizan en el sureste en los estados de Chiapas, Quintana Roo y Campeche. En general, la mayor parte de la superficie forestal corresponde a bosques y selvas con volúmenes promedio de madera mayores a los 30 metros cúbicos por hectárea (Mapa 2.14).

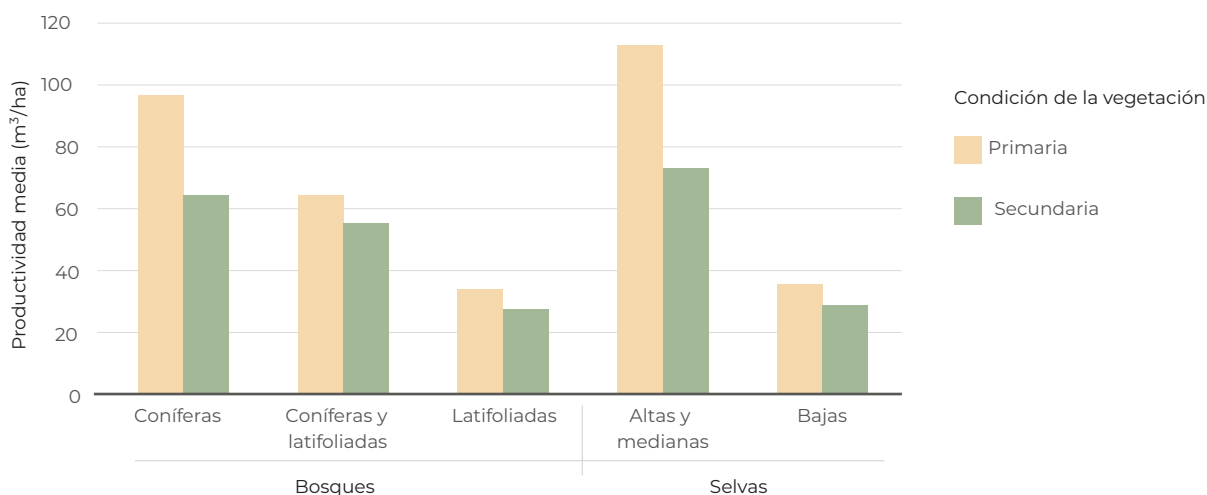
Mapa 2.14 Volumen maderable en México, 2009 - 2014



Fuente:
Conafor. *Inventario Nacional Forestal y de Suelos. Informe 2009-2014*. Conafor. México, 2018.

Las selvas altas y medianas siguen siendo la formación con mayor productividad media (114 m³/ha, esto es en promedio 35% más que las selvas con vegetación secundaria), seguidas por los bosques de coníferas (97 m³/ha en comparación a los 65 m³/ha en su condición secundaria) y los de coníferas-latifoliadas (65 contra y 57 m³/ha, respectivamente; Figura 2.26).

Figura 2.26 Productividad en bosques y selvas en México según condición de la vegetación, 2009 - 2014



Fuente: Conafor. Inventario Nacional Forestal y de Suelos. Informe 2009-2014. Conafor. México. 2018.

El crecimiento de los árboles y de sus renuevos a lo largo de un año es una variable importante para calcular el incremento del volumen de madera que puede aprovecharse de manera sostenible en una zona o región en particular. De acuerdo con ambos inventarios, el volumen de madera que se acumula en los bosques de coníferas estaría entre 2.14 y 2.29 metros cúbicos por hectárea por año, seguidos por los bosques mixtos de coníferas y latifoliadas que incrementan entre 1.35 y 1.88 metros cúbicos por hectárea; por su parte, el bosque mesófilo de montaña tiene un incremento medio anual de 3.19 metros cúbicos por hectárea por año de acuerdo con el INFyS 2009-2014.

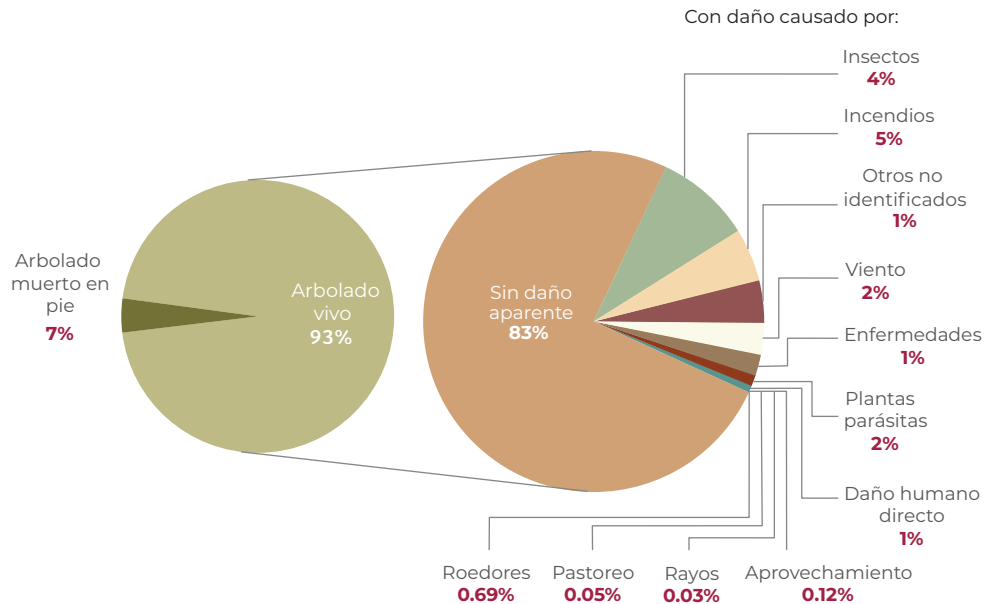
Tomando en cuenta el incremento corriente anual de los diferentes tipos de bosques del país, se ha estimado que cada año los bosques de coníferas nacionales aumentan sus existencias entre 15.5 y 17.4 millones de metros cúbicos. En el caso de las selvas, es difícil obtener estimaciones de incremento de volumen pues la mayoría de sus especies no tienen patrones conspicuos que revelen su edad (como los anillos de crecimiento que se observan en las coníferas), una característica importante para evaluar el crecimiento de los individuos.¹¹ El Anuario Estadístico de la Producción Forestal 2015 (Semarnat, 2016) menciona que durante el período 2006-2015 la producción forestal maderable nacional fluctuó entre 5.5 y 7.0 millones de metros cúbicos en rollo al año; si se compara este valor con los incrementos

¹¹ Ambos inventarios solo midieron el incremento medio anual solo en el volumen de madera de coníferas, dejando de lado a las especies que habitan en las selvas.

calculados en los bosques de coníferas y mixtos por el inventario, puede afirmarse que el potencial de producción de los bosques del país, bajo un adecuado manejo y un aprovechamiento sustentable, puede ser alto (Conafor, 2018).

El INFyS también evaluó la salud de los bosques y selvas nacionales a través de la condición de los individuos, así como de los impactos ambientales y de los agentes de perturbación que los deterioran. De acuerdo con sus últimos resultados, el 93% de los individuos medidos correspondió a árboles vivos y el 7% a muertos en pie (Figura 2.27). Se pudo determinar, con cierto grado de confianza, que los insectos, los incendios, el viento y las enfermedades son los principales agentes que causan la mortalidad de los árboles. El 17% de los árboles examinados mostró signos de daño por algún agente: insectos (4.2%), incendios (5.3%), viento (2.3%), enfermedades (1.1%) y plantas parásitas (1.6%), entre otros agentes (2.5); mientras que el 83% no mostró signos de daño (Figura 2.27).

Figura 2.27 Salud del arbolado nacional, 2009 - 2014



Fuente: Conafor. Inventario Nacional Forestal y de Suelos. Informe 2009-2014. Conafor. México. 2018.

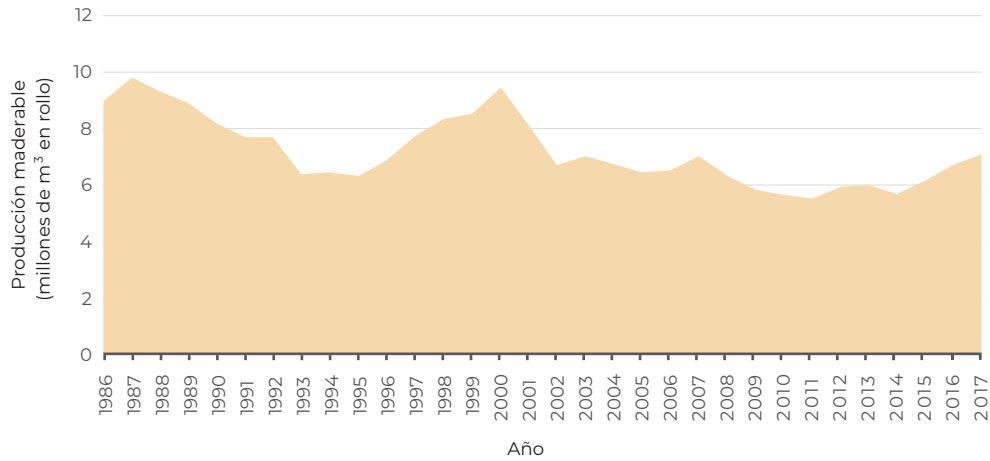
PRODUCCIÓN FORESTAL MADERABLE

Entre 1986 y 2017, la producción maderable anual promedió un volumen cercano a los 7.2 millones de metros cúbicos en rollo (Figura 2.28; cuadro D3_RFORESTA04_01). El promedio de la producción durante el periodo de 2000 a 2017 es 16.9% menor al promedio registrado entre los años de 1986 y 1999.

La producción nacional está apoyada sobre todo en la madera existente en los bosques templados de coníferas (principalmente constituidos por pinos, oyameles

y cedros) y en los bosques de latifoliadas (encinos y otras especies). Entre 1990 y 2017 estos bosques contabilizaron cerca del 94.8% de la producción nacional, seguidos por las maderas tropicales comunes (4.7%) y las preciosas (0.5%, Figura 2.29; cuadro D3_RFORESTA04_02). Las principales especies aprovechadas en ese periodo fueron el pino (152 millones de m³ en rollo, 79.4% de la producción del periodo) y el encino (17 millones de m³, 8.9%; Figura 2.29).

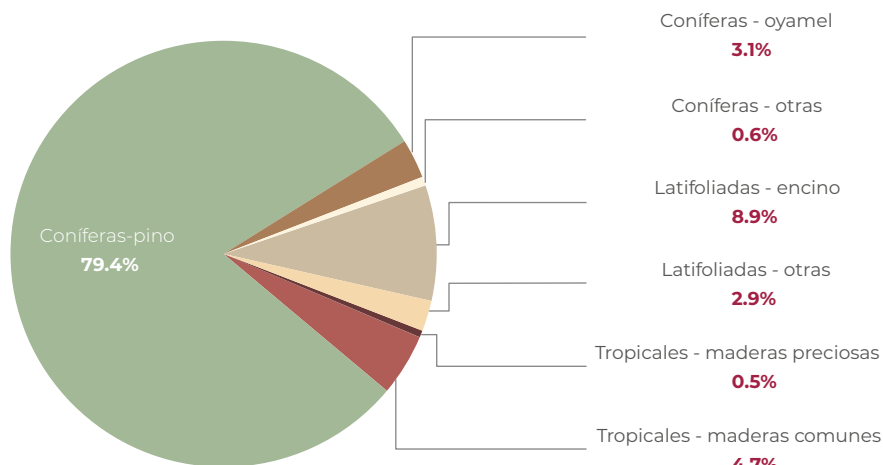
Figura 2.28 Producción maderable en México, 1986 - 2017



Fuentes:

Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos, Conafor. México. Diciembre de 2017.
 Semarnap. Anuario Estadístico de la Producción Forestal 1997-1998. Semarnap. México. 1996-1999.
 Semarnat. Anuario Estadístico de la Producción Forestal 1999-2015. Semarnat. México. 2015.

Figura 2.29 Producción forestal maderable según especie en México, 1990 - 2017



Fuentes:

Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos, Conafor. México. Diciembre de 2017.
 Semarnap. Anuario Estadístico de la Producción Forestal 1997-1998. Semarnap. México. 1996-1999.
 Semarnat. Anuario Estadístico de la Producción Forestal 1999-2015. Semarnat. México. 2015.

Los estados que en promedio más contribuyeron a la producción forestal maderable en el periodo 1990 a 2017 fueron Durango (1.95 millones de m³, 28% de la producción total del periodo), Chihuahua (1.3 millones, 19%) y Michoacán (840 mil, 12%; Mapa 2.15; cuadro D3_RFORESTA04_01). Por el contrario, Baja California, Morelos y Colima fueron los estados que contribuyeron en menor proporción al volumen total nacional extraído (0.02, 0.05 y 0.07%, respectivamente).

Mapa 2.15 Producción maderable anual promedio por entidad federativa, 1990 - 2017



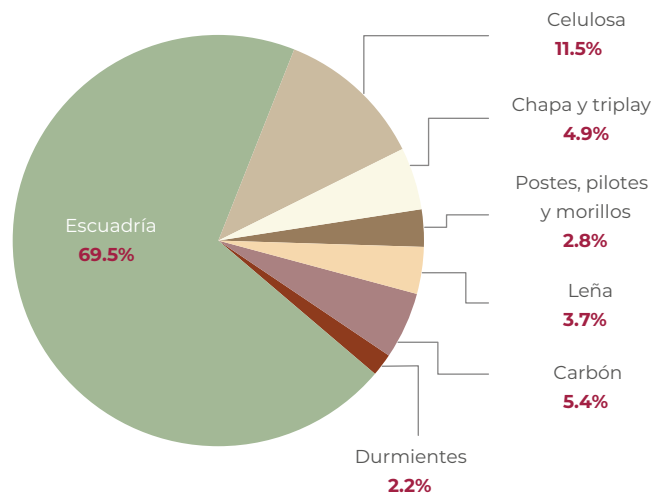
Fuentes:

Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos, Conafor. México. Diciembre de 2017.
 Semarnat. Anuario Estadístico de la Producción Forestal 1997-1998. Semarnat. México. 1996-1999.
 Semarnat. Anuario Estadístico de la Producción Forestal 1999-2015. Semarnat. México. 2015.

En México, el principal uso de la madera ha sido para la producción de escuadría, es decir, tablas, tablones, vigas y material de empaque. El 69.5% del volumen total de madera extraída entre 1997 y 2017 se destinó a ese propósito (Figura 2.30; cuadro D3_RFORESTA04_03); le siguen la extracción para la fabricación de celulosa (11.5% del volumen total del mismo periodo), carbón (5.4%), así como chapa y triplay (4.9%). Es importante señalar que los datos de producción maderable no incluyen la “cosecha de leña” dentro de las masas forestales, la cual es empleada como combustible para cocinar o para la generación de calor en las viviendas.

La reducción en la extracción de madera se ve reflejada en la disminución de la producción de escuadría y celulosa (Figura 2.31). En el caso de la escuadría, el volumen de la producción de los últimos dieciocho años no ha excedido el 73% (excepto 2001, con 85%) de la producción máxima en el periodo (6.5 millones de m³ en rollo en el año 2000). En el caso de la producción de celulosa en el periodo 2010-2017, la producción solo fue de cerca del 30% de lo registrado en el año 2000 (alrededor de 1.73 millones de m³ en rollo).

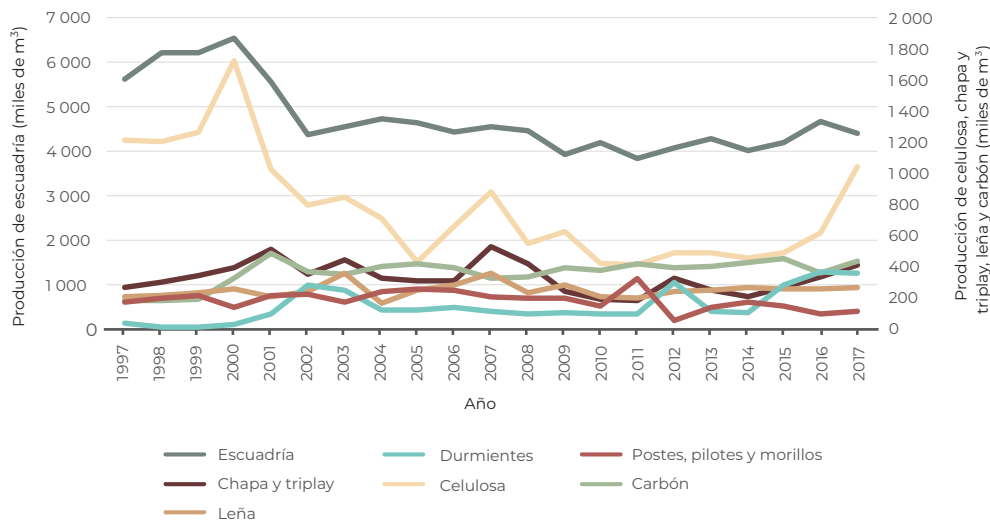
Figura 2.30 Usos principales de la madera en México, 1997 - 2017



Fuentes:

Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos, Conafor, México, Diciembre de 2017.
 Semarnat. Anuario Estadístico de la Producción Forestal 1997-1998. Semarnat, México, 1996-1999.
 Semarnat. Anuario Estadístico de la Producción Forestal 1999-2015. Semarnat, México, 2015.

Figura 2.31 Producción maderable en México, según principales productos, 1997 - 2017



Fuentes:

Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos, Conafor, México, Diciembre de 2017.
 Semarnat. Anuario Estadístico de la Producción Forestal 1997-1998. Semarnat, México, 1996-1999.
 Semarnat. Anuario Estadístico de la Producción Forestal 1999-2015. Semarnat, México, 2015.

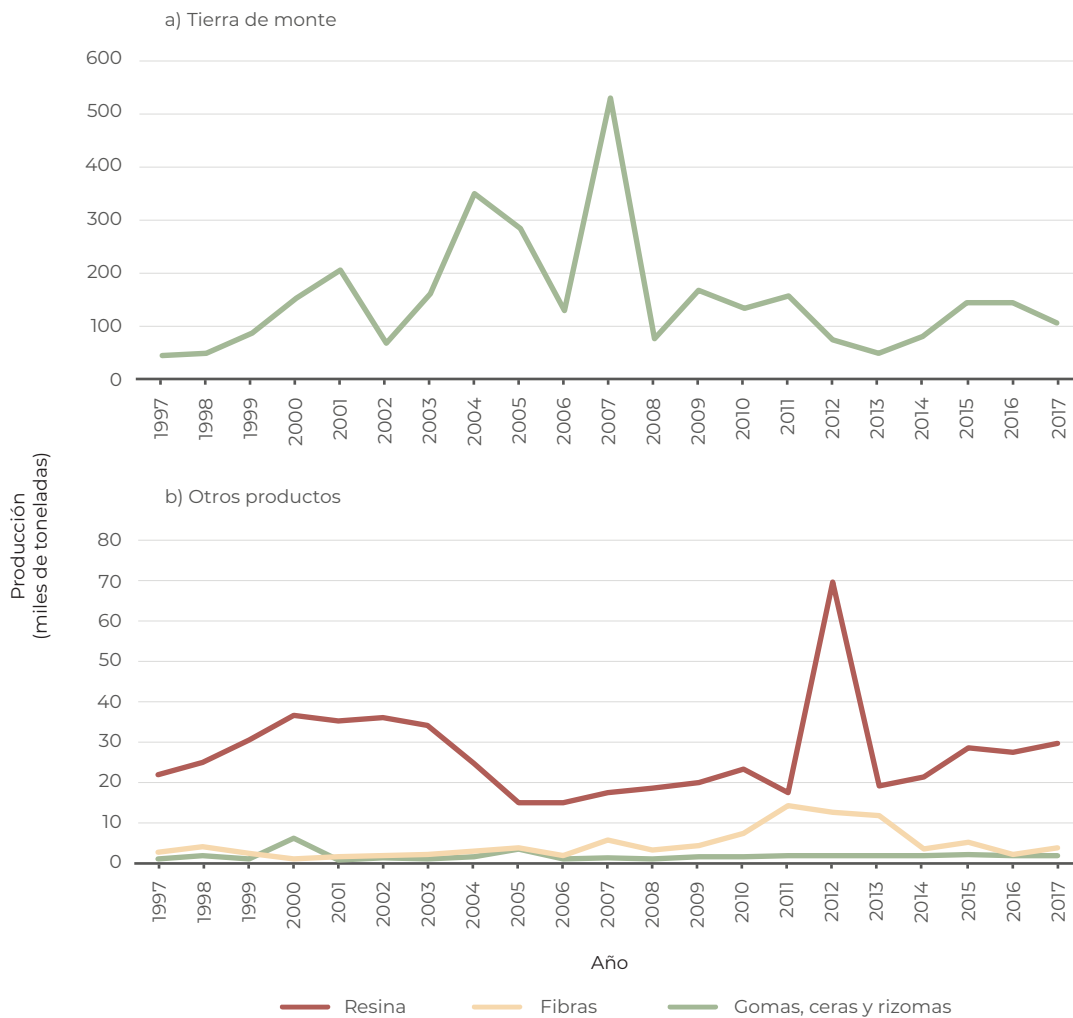
RECURSOS FORESTALES NO MADERABLES

Los productos forestales no maderables (PFNM) reciben por lo general menor atención que los recursos maderables, sin embargo, su importancia es innegable debido a que se trata de productos muy importantes para muchas pequeñas comunidades en virtud de servirles como alimentos y medicinas. Destacan entre ellos también las resinas, gomas, tintes, ceras, tierra de monte, esencias y aceites, entre otros. Muchos de estos productos no tienen valor comercial, pero incluso para aquellos que sí lo tienen no existen mercados amplios y consolidados; en

este sentido, una parte importante de los PFM son explotados localmente por los habitantes de las comunidades cercanas a los sitios en donde se les encuentra para su propio consumo. La falta de valor comercial dificulta obtener estimaciones precisas de su producción y consumo, en particular en zonas rurales. Por esta razón, los valores reportados en esta sección pueden ser subestimaciones de su aprovechamiento real.

En el periodo 1997-2017, la producción nacional de PFM mostró grandes variaciones: el promedio de la producción fue de poco más de 237 mil toneladas por año (Figura 2.32 a). La producción está dominada por la extracción de tierra de monte, la cual varió entre 45 mil y 532 mil toneladas anuales, acumulando casi el 67% del volumen total de los PFM (Figura 2.32 a y 2.33). Le siguen en importancia las resinas (12% del volumen total de PFM, alrededor de 557 mil toneladas) y las fibras (1.83%, poco más de 86 mil toneladas; Figuras 2.32 y 2.33; cuadro D3_ RFORESTA04_05).

Figura 2.32 Producción forestal no maderable, 1997 - 2017

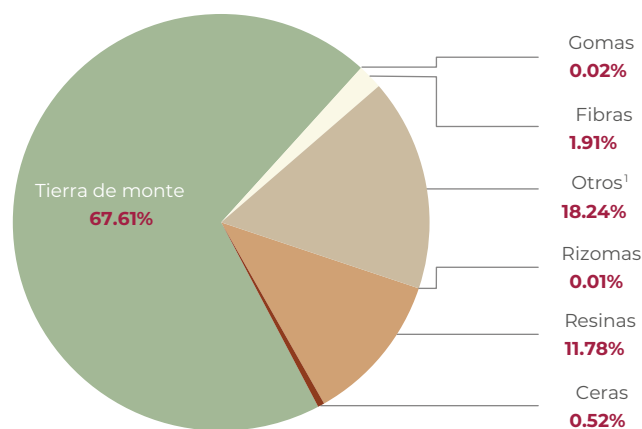


Fuentes:

Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos, Conafor. México. Diciembre de 2017.
 Semarnap. Anuario Estadístico de la Producción Forestal 1997-1998. Semarnap. México. 1996-1999.
 Semarnat. Anuario Estadístico de la Producción Forestal 1999-2015. Semarnat. México. 2015.

Las fibras y las ceras representan apenas el 2.4% del volumen de PFNM del periodo 1997-2017 (Figura 2.33), sin embargo, son el sustento de muchas familias de bajos ingresos en el país. Por lo general, estos productos se obtienen a partir de plantas de las familias Agavaceae, Bromeliaceae y Euphorbiaceae, las cuales son comunes en matorrales xerófilos y selvas caducifolias.

Figura 2.33 Producción forestal no maderable según producto, 1997 - 2017



Nota:

¹ Incluye: hongos, semillas, hojas, nopal, tallos, frutos, musgo y heno, entre otros.

Fuentes:

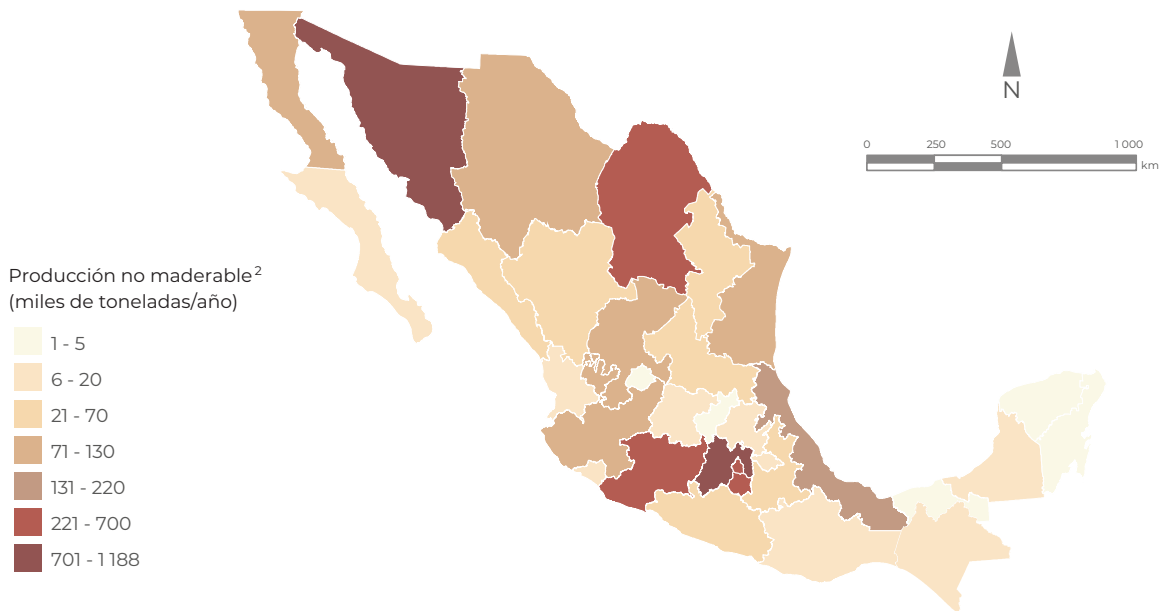
Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos, Conafor. México. Diciembre de 2017.
 Semarnap. Anuario Estadístico de la Producción Forestal 1997-1998. Semarnap. México. 1996-1999.
 Semarnat. Anuario Estadístico de la Producción Forestal 1999-2015. Semarnat. México. 2015.

Los estados que registraron la mayor producción de PFNM entre 1997 y 2017 fueron el estado de México (1.2 millón de toneladas, 25% del total de periodo), Sonora (729 mil toneladas, 15.4%), Ciudad de México (553 mil toneladas, 11.7%), Morelos (541 mil toneladas, 11.4%) y Michoacán (469 mil toneladas, 9.9%); en contraste, los que produjeron menos fueron: Aguascalientes (725 toneladas, 0.015%) y Quintana Roo (807 toneladas, 0.017% del total; Mapa 2.16; cuadro [D3_RFORESTA04_04](#)). Una característica de la explotación de los PFNM en nuestro país es la reducida variedad de productos y especies silvestres usadas: tan solo unas 100 especies son explotadas comercialmente y menos de mil aprovechadas a nivel regional de las más de 25 mil especies de plantas superiores registradas en el país (Figura 2.34; cuadro [D3_RFORESTA04_06](#)).

CONSERVACIÓN Y MANEJO SUSTENTABLE DE LOS ECOSISTEMAS TERRESTRES Y SUS RECURSOS

Las consecuencias ambientales de la deforestación, la fragmentación y la degradación de la cubierta vegetal son evidentes en muchas regiones de nuestro país: pueden observarse en la forma de la erosión de los suelos, en la pérdida de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos y en las afectaciones a la disponibilidad

Mapa 2.16 Producción no maderable por entidad federativa, 1997 - 2017¹



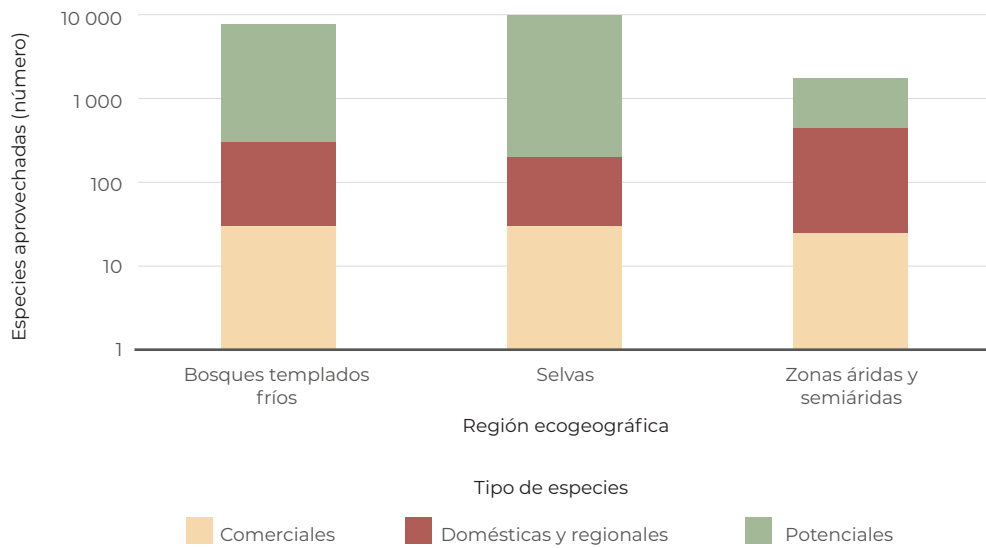
Notas:

¹ Los datos de 2017 son al mes de diciembre.
² Los datos incluyen tierra de monte.

Fuentes:

Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos, Conafor. México. Diciembre de 2017.
Semarnat. Anuario Estadístico de la Producción Forestal 1997-1998. Semarnat. México. 1996-1999.
Semarnat. Anuario Estadístico de la Producción Forestal 1999-2015. Semarnat. México. 2015.

Figura 2.34 Especies aprovechadas y con potencial de aprovechamiento según región y formación vegetal



Fuente:

Conabio. *La diversidad biológica de México: estudio de país*. Conabio. México. 1998.

y calidad de las aguas superficiales y subterráneas, entre otras. El daño a los ecosistemas terrestres también aumenta la vulnerabilidad de la población ante eventos meteorológicos extremos, como las lluvias torrenciales, inundaciones, ventiscas y huracanes, lo que a su vez retroalimenta su deterioro y pérdida.

El deterioro del medio ambiente afecta el estado de bienestar de la población (véase el capítulo **Población**, en esta misma obra). La degradación del ambiente se acompaña, en el corto, mediano o largo plazos, por la pérdida y el deterioro de los medios de subsistencia y de la calidad de vida de muchas comunidades (especialmente las rurales), lo que empeora aún más su situación de marginación y pobreza. En este sentido, el bienestar de la sociedad está estrechamente relacionado con el continuo y adecuado aprovisionamiento de los servicios ambientales que brindan los ecosistemas, el cual está inevitablemente unido a su integridad y funcionamiento.

El gobierno federal ha promovido estrategias que permiten garantizar la conservación del capital natural nacional y el abastecimiento continuo de los servicios que brindan, todo ello bajo un esquema de desarrollo sustentable. En general, son tres las líneas de acción dentro de las cuales pueden agruparse a los programas y acciones federales encaminadas a cumplir estos propósitos. La primera línea está dada por los instrumentos de política de conservación que pretenden proteger y detener la pérdida de la superficie remanente de los ecosistemas naturales y sus servicios ecosistémicos. Dentro de ellos se encuentran, principalmente, la creación y mantenimiento de las áreas naturales protegidas, los humedales incluidos en la Convención Ramsar y los programas de pagos por servicios ambientales.

La segunda línea engloba los programas que tratan de mejorar la calidad de vida de la población a través del aprovechamiento racional y sustentable de los recursos naturales presentes en sus comunidades, principalmente los recursos forestales y faunísticos; su objetivo es evitar que la extracción sobrepase los niveles de recuperación de los recursos naturales, de tal forma que se garantice su extracción y existencia en el largo plazo. Destacan dentro de esta línea de acción los programas de aprovechamiento de la vida silvestre y de desarrollo forestal comunitario.

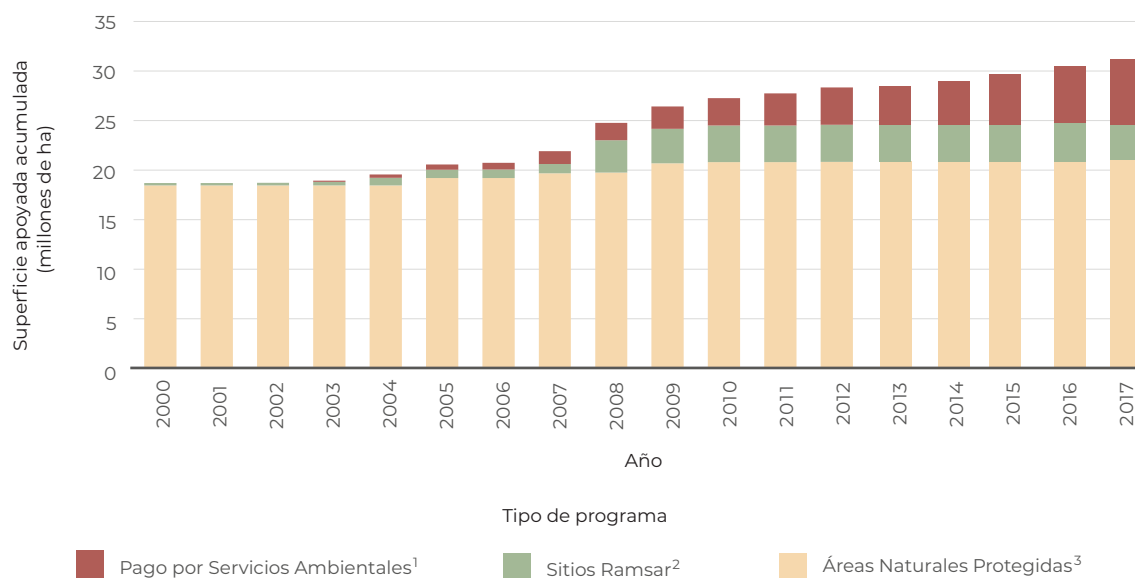
La tercera línea de acción comprende instrumentos de política para recuperar las coberturas vegetales a través de la reforestación, la contención de los incendios forestales, las enfermedades y plagas que los atacan. También existen otros instrumentos de política ambiental que de forma indirecta protegen los ecosistemas terrestres y marinos, éstos son los ordenamientos ecológicos del territorio y las evaluaciones de impacto ambiental. Los primeros funcionan como instrumentos de planeación y administración de las actividades propicias para ocupar un uso del suelo determinado tomando en cuenta la aptitud, las prioridades y necesidades de ese uso del suelo. La evaluación del impacto ambiental tienen como objetivo el identificar y cuantificar los impactos al medio ambiente derivados de la posible ejecución de un proyecto dado, así como las condicionantes que deberían cumplirse en términos de mitigación y compensación para que la obra se autorice.

CONSERVACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS TERRESTRES Y SUS SERVICIOS AMBIENTALES.

A nivel mundial, las áreas naturales protegidas han sido una de las estrategias más importantes para mantener la integridad de los ecosistemas. Estas áreas son superficies representativas de los diversos ecosistemas terrestres y marinos, en donde el ambiente original no ha sido alterado significativamente por la actividad humana. Las áreas naturales, por su integridad funcional y estructural, proporcionan servicios ambientales de diversos tipos y albergan recursos naturales y especies de importancia ecológica, económica y/o cultural. A nivel global, las áreas protegidas cubren aproximadamente 19.8 millones de kilómetros cuadrados, lo que equivale a alrededor del 14.7% de la superficie terrestre (UNEP-WCMC y UICN, 2016).

La estrategia de conservación de los ecosistemas terrestres pretende proteger las zonas naturales importantes por su biodiversidad y/o servicios ambientales que brindan. Dentro de esta estrategia, los instrumentos federales más importantes en México han sido las áreas naturales protegidas federales (ANP), los humedales de la Convención Ramsar y los programas de pago por servicios ambientales (PSA). En conjunto, estos instrumentos protegían, hasta 2017, alrededor de 31.2 millones de hectáreas, lo que equivale aproximadamente al 15.9% de la superficie nacional continental (Figura 2.35).

Figura 2.35 Superficie apoyada por programas con enfoque de conservación de los ecosistemas, 2000 - 2017



Nota:

¹ La superficie de Programas de Servicios Ambientales (PSA), actualmente, incluye las modalidades de PSA hidrológicos y biodiversidad, mecanismos locales de PSA a través de fondos concurrentes y el Fondo Patrimonial de Biodiversidad.

² La superficie por Ramsar corresponde a la que se encuentra fuera de las ANP.

³ La superficie de Áreas Naturales Protegidas sólo incluye a las de carácter federal.

Fuentes:

Dirección de Evaluación y Seguimiento, Conanp. Mayo de 2018.

Coordinación General de Planeación e Información, Conafor. México. Diciembre de 2017.

El crecimiento de la superficie protegida de ecosistemas terrestres por ANP federales ha sido importante: pasó de 16.4 millones a 21.4 millones de hectáreas entre 1994 y 2018, lo que representa hasta este último año, alrededor del 11% de la superficie continental nacional (cuadro D3 BIODIV04_13; IB 6.1-6). De la superficie protegida por las ANP, en 2018 el 23.5% corresponde a zonas terrestres y el 76.5% a zonas marinas (para mayores detalles ver el capítulo [Biodiversidad](#) en esta misma obra). En las ANP federales terrestres los ecosistemas naturales mayormente representados en términos de superficie son los matorrales xerófilos (cerca de 8.5 millones de ha, 46%), los bosques templados (4.4 millones de ha, 23.6%) y las selvas subhúmedas y húmedas (3.4 millones de ha en conjunto, 10.5 y 7.6%, respectivamente).

México también participa en la Convención Internacional Ramsar para la protección de humedales, a la cual se adhirió en 1986. La Convención busca la conservación y el uso racional de los humedales en términos ecológicos, botánicos, zoológicos, limnológicos e hidrológicos. Entre los ecosistemas que protegen se encuentran los manglares, ciénegas, lagunas y desembocaduras de ríos (para más información de los humedales de la Convención Ramsar, ver el capítulo [Biodiversidad](#)). En México, de los sitios Ramsar 80 están total o parcialmente dentro de ANP, con una superficie de alrededor de 7.2 millones de ha, mientras que 62 se ubican fuera de las áreas protegidas (con un área de alrededor de 1.5 millones de ha).

La importancia de los servicios ambientales ha llevado al gobierno mexicano a diseñar un grupo de estrategias que pretenden recompensar a los propietarios para que conserven sin cambios los ecosistemas y los servicios ambientales que producen dentro de sus predios. La recompensa es un pago que, además de ser una fuente de ingreso, también incentiva la protección y el evita el cambio de uso del suelo. Esta estrategia ha estado dirigida hacia la protección de las cuencas, la conservación de los bosques y el mantenimiento de la biodiversidad y la captura de carbono.

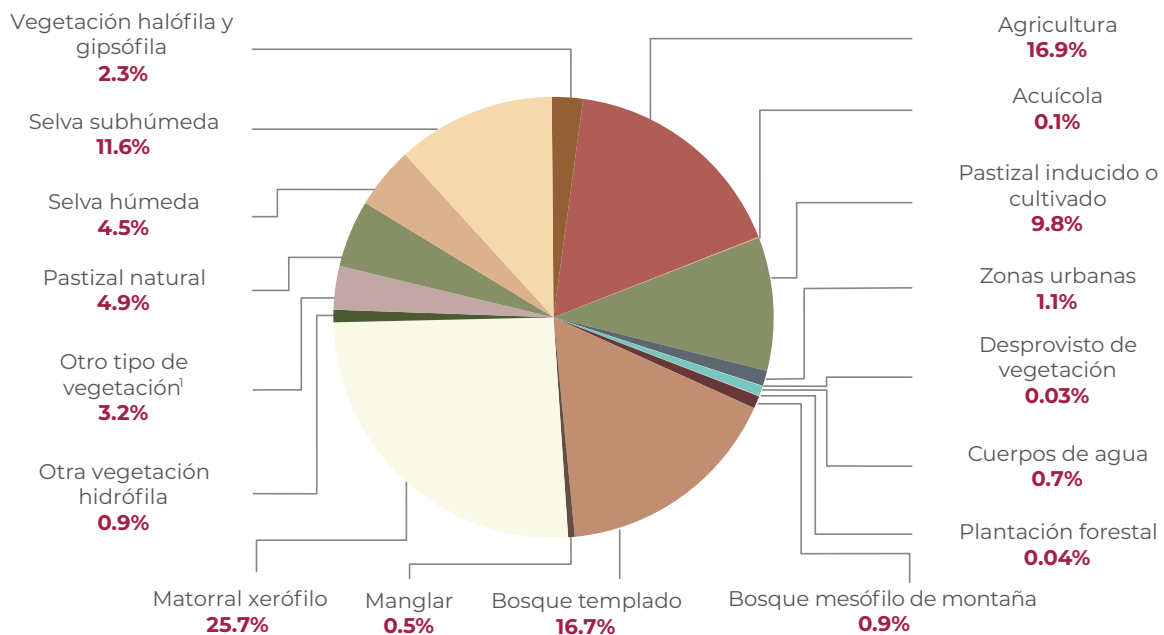
En el año 2003 inició el Programa de Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos (PSAH). El objetivo principal del PSAH, una modalidad del PSA, ha sido el antenimiento de los servicios ambientales hidrológicos brindados por los bosques y selvas; los propietarios de las tierras apoyados tienen la obligación de mantener en buen estado el ecosistema presente en su terreno para que continúe brindando dichos servicios durante el tiempo que dure el convenio. El apoyo se ha dirigido hacia zonas de cuencas de importancia hídrica, acuíferos sobreexplotados o reservas de agua.

En el año 2004 inició el Programa para Desarrollar el Mercado de Servicio Ambientales por Captura de Carbono y los Derivados de la Biodiversidad y para Fomentar el Establecimiento y Mejoramiento de Sistemas Agroforestales (PSA-CABSA). Al igual que el PSAH, es una modalidad del PSA y busca promover la conservación de los ecosistemas forestales con un énfasis en la biodiversidad.

Una estrategia que a partir de 2008 ha detonado la participación y aportación de recursos económicos de diferentes socios al PSA, por ser usuarios comprometidos con la provisión en el corto, mediano y largo plazo de servicios ambientales de calidad, son los Mecanismos Locales de PSA a través de Fondos Concurrentes (MLPSA-FC). Éstos potencializan los recursos del Gobierno Federal ampliando y mejorando la cobertura de atención. Al cierre de 2017 se habían incorporado poco más de 600 mil hectáreas con una aportación de los socios de alrededor de los 865 millones de pesos, para lo cual el Gobierno Federal aportó alrededor de 756 millones de pesos.

La superficie beneficiada bajo PSA, principalmente de bosques templados, mesófilos de montaña y selvas, fue de 2.68 millones de hectáreas a diciembre de 2017 y corresponden a los beneficiarios con convenios vigentes de los años 2013 a 2017. Entre 2003 y 2017 el estado que contó con la mayor superficie beneficiada fue Oaxaca (con poco más de 536 mil ha, es decir, 8.9% de la superficie total beneficiada por el programa; Mapa 2.17), seguido por Durango (410 mil ha; 6.8%), Chihuahua (400 mil ha; 6.6) Quintana Roo (344 mil ha, 5.7%) y Chiapas (342 mil ha; 5.6%).

Mapa 2.17 Superficie apoyada por los Programas de Pago por Servicios Ambientales¹ (PSA) por entidad federativa, 2003 - 2017



Nota:

¹ La superficie incluye al Programa de Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos (PSAH) y al Programa para Desarrollar el Mercado de Servicios Ambientales por Captura de Carbono y los Derivados de la Biodiversidad y para Fomentar el Establecimiento y Mejoramiento de Sistemas Agroforestales (PSA-CABSA).

Fuente:

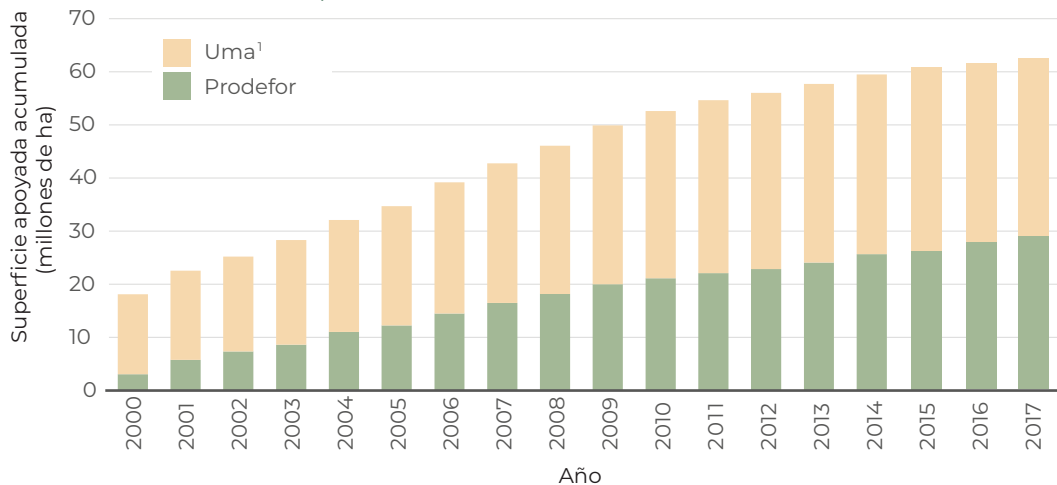
Coordinación General de Planeación e Información, Conafor. México. Diciembre de 2017.

USO SUSTENTABLE DE LOS RECURSOS NATURALES DE LOS ECOSISTEMAS TERRESTRES

En el afán de cubrir las demandas de los mercados, las necesidades cotidianas de corto plazo o por el uso de prácticas extractivas no sustentables, es frecuente que se sobreexploten los recursos naturales de los ecosistemas. En este sentido es necesario aplicar regulaciones específicas que aseguren el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales de los ecosistemas terrestres en el largo plazo. Para este fin se han diseñado e implementado diversos instrumentos que pueden agruparse en dos ejes principales: 1) los encaminados al manejo, conservación y aprovechamiento de la vida silvestre de interés comercial (cinegético, pie de cría u ornamental), representado por las Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (Uma); y 2) aquellos que apoyan el desarrollo de la actividad forestal a través del aumento de la productividad y la diversificación en el uso de los ecosistemas forestales, como en el caso del Programa Nacional Forestal (Pronafor). Ambos instrumentos también tienen el objetivo de mejorar la calidad de vida de los propietarios de los terrenos donde se encuentran los ecosistemas naturales aprovechados.

Hasta 2017, los programas de ambos ejes han apoyado una superficie total cercana a los 63.3 millones de hectáreas (Figura 2.36), lo que representa poco más del 32.2% de la superficie terrestre del país. De esta superficie beneficiada, el 54.9% pertenece a las Uma (alrededor de 34.7 millones de ha¹²) y 45% al Prodefor (29.7 millones de ha).

Figura 2.36 Superficie apoyada con programas con enfoque de uso sustentable de los ecosistemas, 2000 - 2017



Nota:

¹ La superficie de Uma reportada para cada entidad corresponde a la que la Dirección General de Vida Silvestre (DGVS) considera como las unidades vigentes a marzo de 2017.

Fuentes:

Coordinación General de Planeación e Información, Conafor. México. Diciembre de 2017.
Dirección General de Vida Silvestre, Semarnat. México. Mayo de 2018.

¹² La cifra de unidades vigentes corresponde a los datos reportados por la Dirección General de Vida Silvestre (DGVS) hasta abril de 2018. De acuerdo con la DGSV (revisión abril de 2018) el histórico acumulado del periodo 1999 a 2017 reporta una superficie de poco más de 34.7 millones de hectáreas.

Las Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (Uma) fueron establecidas en 1997 a través del “El Programa de Conservación de la Vida Silvestre y Diversificación Productiva en el Sector Rural” (1997) y son coordinadas por la Semarnat a través de la Dirección General de Vida Silvestre (DGVS). Las Uma tienen como objetivo general la conservación de hábitat natural, poblaciones y ejemplares de especies silvestres; sus objetivos específicos se orientan a la restauración, protección, mantenimiento, recuperación, reproducción, repoblación, reintroducción, investigación, rescate, resguardo, rehabilitación, exhibición, recreación, educación ambiental y al aprovechamiento de la vida silvestre de forma legal y viable, al mismo tiempo que promueven alternativas de producción compatibles con el cuidado del ambiente, así como con el uso racional, ordenado y planificado de los recursos naturales. Las Uma también contribuyen a mejorar la calidad de vida de los poseedores de los terrenos donde se establecen las unidades, este debido a que se vuelven empresarios y promotores del cuidado del hábitat donde se desarrollan las actividades de manejo y de conservación de las especies objetivo, así como de los servicios ambientales que generan.

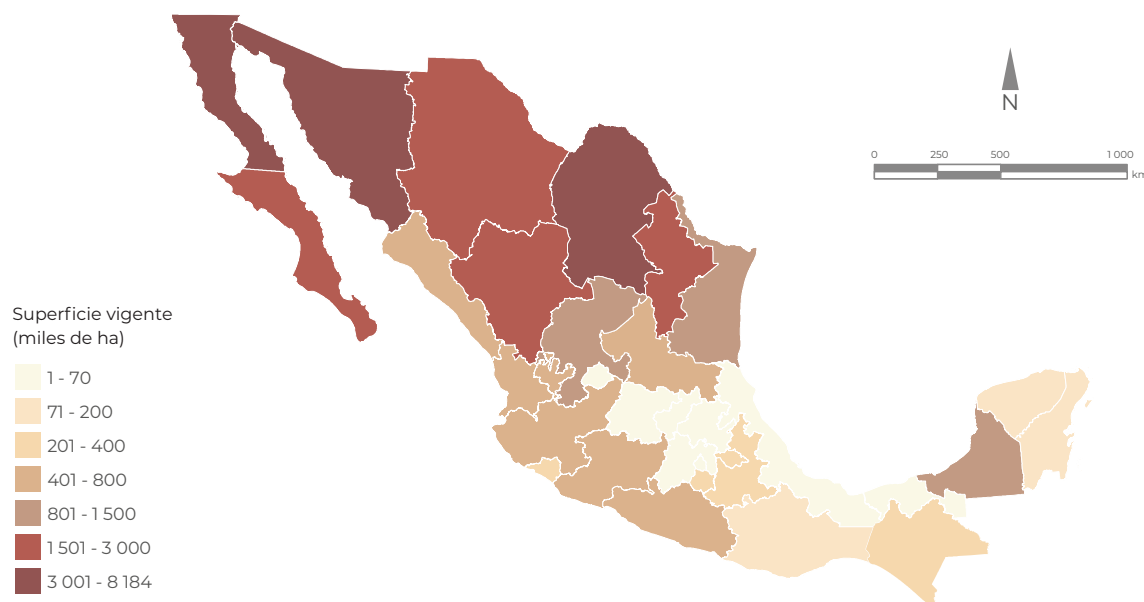
Las Uma pueden ser de manejo en vida libre o intensivo. La mayoría de las Uma se han concentrado en la zona norte del país, siendo los matorrales xerófilos, seguidos de los pastizales y los bosques templados, los principales ecosistemas beneficiados por este instrumento. Los estados con mayor superficie acumulada de Uma en vida libre vigentes entre 1999 y 2017 fueron Sonora (8.2 millones de ha, 23.6% de la superficie nacional de Uma), Coahuila (5.1 millones de ha, 14.7%), Baja California (3.3 millones de ha; 9.5%), Chihuahua (2.7 millones de ha, 7.9%) y Baja California Sur (2.6 millones de ha, 7.7%; Mapa 2.18).

En algunos casos, las Uma se ha instalado dentro de las ANP, lo que ha traído beneficios adicionales, entre ellos la disminución de la presión de las comunidades humanas vecinas sobre los recursos de las zonas protegidas. Hasta 2017 la superficie acumulada de Uma incluida en ANP ascendía a alrededor de 2.5 millones de hectáreas. Mayores detalles de las Uma pueden encontrarse en el capítulo [Biodiversidad](#).

Por su parte, el Programa de Desarrollo Forestal Sustentable (también conocido como Pronafor y que se coordina con los gobiernos de los estados) ha impulsado la productividad y la diversificación del uso de los ecosistemas forestales, así como el desarrollo de la cadena productiva del mercado forestal; todo a través del otorgamiento de apoyos económicos a los dueños de los terrenos forestales, que pueden ser ejidos, comunidades y pequeños propietarios. El Pronafor ha crecido significativamente desde su creación: pasó de 3 millones de hectáreas apoyadas para su incorporación o reincorporación en el periodo 1997 a 2000,¹³ a 28.6 millones de hectáreas acumuladas en 2017 (Figura 2.36). Los principales ecosistemas beneficiados han sido los matorrales xerófilos (caracterizados por su riqueza en productos no maderables), los bosques templados y las selvas.

¹³ El Programa de Desarrollo Forestal (Prodefor) del año 1997; es el antecedente del Programa Nacional Forestal (Pronafor). La superficie de 3 millones de hectáreas corresponde a la superficie apoyada por el Prodefor en el periodo de 1997-2000.

Mapa 2.18 Superficie de Unidades de Manejo de la Vida Silvestre (Uma)¹ extensivas por entidad federativa, 1999 - 2017



Nota:

¹ La superficie de Uma reportada para cada entidad corresponde a la que la Dirección General de Vida Silvestre (DCVS) considera como las unidades vigentes a abril de 2018.

Fuente:

Dirección General de Vida Silvestre, Semarnat. México. Mayo de 2018.

Entre 2003 y 2017, los estados con mayor superficie apoyada por Pronafor fueron Chihuahua (13.7% de la superficie total apoyada, 2.9 millones de ha), Durango (12.2%, 2.6 millones de ha), Sonora (8.8%, 1.9 millones ha), Coahuila (7.8%, 1.6 millones de ha) y San Luis Potosí (6.2%, 1.3 millones de ha; Mapa 2.19). En cuanto al Programa de Desarrollo Forestal Comunitario,¹⁴ en el periodo de 2007 a 2017, el número de ejidos o comunidades que más apoyos económicos recibieron se ubicaron en los estados de Oaxaca (10% del total para el periodo), Durango (8.9%), Michoacán (8.5%), estado de México (7.3%) y Jalisco (7.2%). Los estados con menor apoyo fueron Aguascalientes (0.26% del total del periodo), Ciudad de México (0.36%), Tamaulipas (0.49%) y Nuevo León (0.5%; Mapa 2.20).

RECUPERACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS TERRESTRES

Para enfrentar la pérdida y alteración de los ecosistemas naturales del país, se hizo necesario diseñar e implementar instrumentos de política ambiental orientados a la recuperación de zonas degradadas o afectadas por plagas o enfermedades, y en

¹⁴ El Programa de Desarrollo Forestal Comunitario ha sido apoyado, en distintos periodos, por el Proyecto de Conservación y Manejo Sustentable de Recursos Forestales (Procymaf) y actualmente por el Programa Nacional Forestal (Pronafor). La cobertura de los apoyos ha ido aumentando gradualmente, hasta alcanzar las 32 entidades federativas a partir del año 2011.

la medida de lo posible, recuperar zonas donde los ecosistemas naturales hubiesen desaparecido. Las principales estrategias de esta línea de acción han sido la reforestación, el impulso al establecimiento de plantaciones forestales, la recuperación de suelos, el combate a los incendios forestales y las prácticas de sanidad forestal.

La recuperación reconoce el hecho de que no se pueden restablecer las condiciones originales de los ecosistemas en cuanto a su biodiversidad y a sus procesos ecológicos en que se encontraban antes de la intervención humana. Sin embargo, la recuperación contribuye a detener la degradación ambiental y a mantener ciertos servicios ambientales, como son la recarga de los acuíferos y la productividad del suelo; también puede evitar una mayor pérdida y alteración de los ecosistemas terrestres. Para ello se ejecutan programas de combate a los incendios forestales, control de plagas y enfermedades, y se ejecutan acciones para la recuperación de los suelos.

Mapa 2.19 Superficie apoyada por el Programa Nacional Forestal (Pronafor) por entidad federativa, 2003 - 2017



Fuente: Coordinación General de Planeación e Información, Conafor. México. Diciembre de 2017.

Entre los programas de recuperación de los ecosistemas terrestres destacan el Programa Nacional Forestal (Pronafor) en su estrategia “Restauración y conservación forestal y de suelos” y los apoyos al establecimiento de plantaciones forestales comerciales (PFC). Hasta el cierre de 2017, la superficie acumulada atendida por los dos programas ascendió a 6.2 millones de hectáreas, de éstas, poco más de 62.4% correspondió a la reforestación (alrededor de 4.5 millones de ha), 12.2% a las labores

de sanidad forestal (alrededor de 883 mil ha), 20.8% a la conservación y restauración de suelos forestales (cerca de 1.5 millones ha) y 4.6% a las plantaciones forestales comerciales (alrededor de 338 mil ha; Figura 2.37). En total, la superficie atendida por estos instrumentos representó el 3.7% de la superficie terrestre nacional.

Mapa 2.20 Ejidos o comunidades con apoyos económicos para el Desarrollo Forestal Comunitario, 2007 - 2017



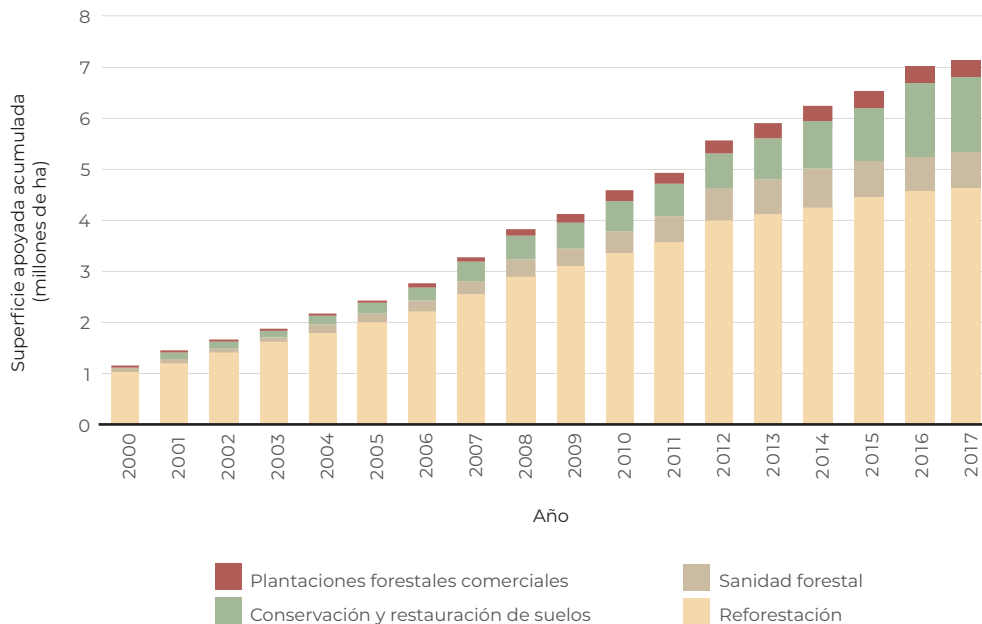
Fuente: Gerencia del Fomento a la Producción Forestal Sustentable, Conafor. México. Diciembre de 2017.

El Programa Nacional de Reforestación (Pronare) se creó en 1995 con el objetivo de detener y revertir el deterioro de la cubierta forestal del país a través de la reforestación apropiada de sitios estratégicos. En 2001 el Pronare fue transferido a la Conafor y actualmente forma parte del Programa Nacional Forestal (Pronafor). Las labores de reforestación se realizan en zonas forestales perturbadas, en particular en las afectadas por incendios, y las que han sufrido tala ilegal, sobrepastoreo, erosión y las que son susceptibles de reconversión a zonas forestales. Una parte de la reforestación también se realiza dentro de las ANP. El programa da prioridad al empleo de especies nativas para la reforestación de cada ecosistema. En el caso de las especies tropicales, se prefiere el cedro rojo (*Cedrela odorata*), la caoba (*Swietenia macrophylla*), el palo de rosa (*Tabebuia rosea*) y la primavera (*Tabebuia donnell-smithii* y *Tabebuia chrysantha*), mientras que para las regiones templadas se utilizan coníferas, principalmente pinos (*Pinus* spp.). Para las regiones semiáridas,¹⁵ se usan agaves (*Agave* spp.), nopales (*Opuntia* spp.), mezquites (*Prosopis* spp.), sotoles (*Dasyliirion* spp.) y pinos piñoneros (*Pinus* spp.).

¹⁵ En los ecosistemas de matorral xerófilo y zonas semiáridas se prefiere la reforestación con especies suculentas en vez de árboles, debido a que son especies adaptadas a condiciones de poca humedad y poseen propiedades importantes para la conservación del suelo y el control de las escorrentías.

La superficie reforestada en el país ha seguido una tendencia creciente: mientras que en 1993 se reforestaron cerca de 14 512 hectáreas, en 2017 se alcanzaron casi las 63 mil hectáreas. En 2017, los estados en los que se reforestó una mayor superficie fueron Durango (5,004 ha), Puebla (4,792 ha), Guanajuato (4,615 ha) y estado de México (4,548 ha). En contraste, los estados con menores superficies reforestadas fueron el Ciudad de México (151 ha), Tamaulipas (415 ha) y Baja California Sur (445 ha), Baja California y Quintana Roo no reportan hectáreas reforestadas (Mapa 2.21).

Figura 2.37 Superficie apoyada con programas con enfoque de recuperación de los ecosistemas, 2000 - 2017



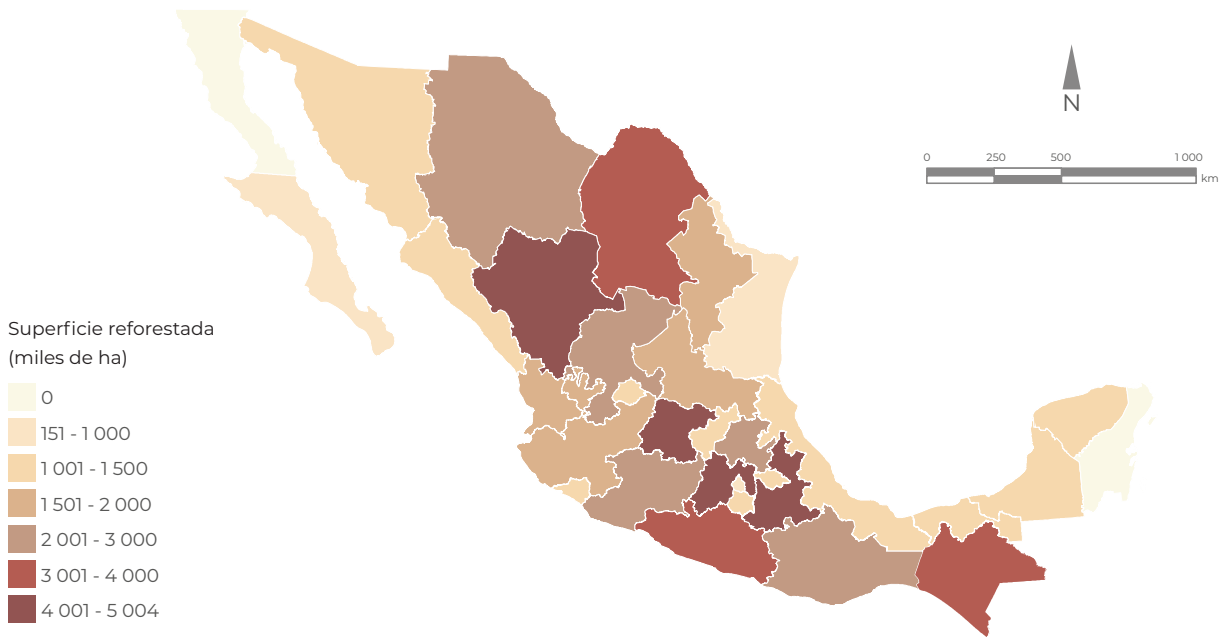
Fuentes:

Gerencia de Restauración Forestal, Conafor. México. Diciembre de 2017.
 Gerencia de Sanidad Forestal, Conafor. México. Diciembre de 2017.
 Gerencia de Reforestación, Conafor. México. Diciembre de 2017.
 Gerencia de Desarrollo de Plantaciones Forestales Comerciales, Conafor. Diciembre de 2017.
 Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos, Conafor. México. Diciembre de 2017.

Como se ha mencionado, las plagas y enfermedades forestales pueden ocasionar graves impactos ecológicos sobre los ecosistemas, lo que a su vez puede generar problemas sociales y económicos en las comunidades rurales dedicadas a la actividad forestal. Al respecto, la Conafor brinda apoyo para prevenir y combatir las plagas y enfermedades forestales. Las acciones incluyen el diagnóstico fitosanitario en zonas de vegetación natural y en plantaciones forestales, viveros, áreas reforestadas y zonas urbanas. Una vez que se ha realizado el diagnóstico, y en caso de encontrarse áreas afectadas, se procede a su tratamiento.

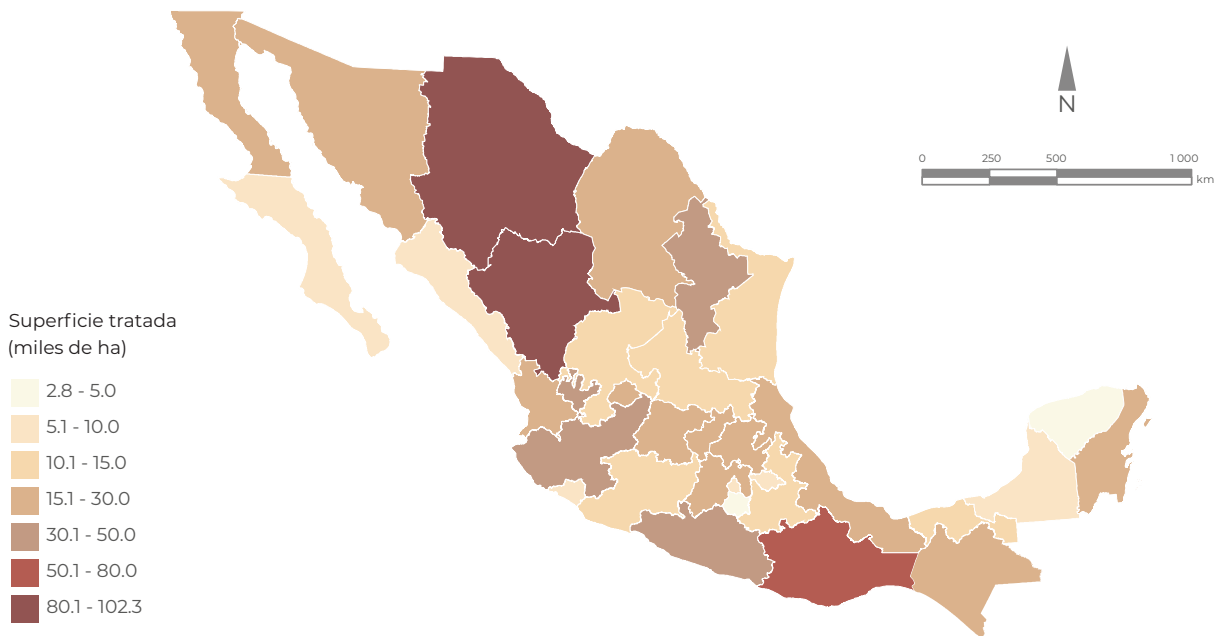
Entre 2003 y 2017, la superficie anual tratada a nivel nacional fue de poco más de 58 mil hectáreas en promedio al año. En este periodo, los estados con mayor superficie tratada fueron Chihuahua (102 mil ha), Durango (85 mil ha) y Oaxaca (77 mil ha); los estados con menor superficie tratada fueron Morelos (2,836 ha) y Campeche (7,213 ha; Mapa 2.22).

Mapa 2.21 Superficie reforestada por entidad federativa, 2017



Fuente:
Gerencia de Reforestación, Conafor. México. Diciembre de 2017.

Mapa 2.22 Superficie tratada contra plagas y enfermedades forestales por entidad federativa, 2003 - 2017 ^{1y2}



Nota:
¹ La superficie del año 2003 corresponde al valor acumulado para el periodo 1990-2003.
² Las enfermedades y plagas tratadas en el periodo corresponden a barrenadores, defoliadores, descortezadores, muérdagos y otras enfermedades (declinamiento del encino, royas y pudriciones de fuste y raíz, etcétera).

Fuente:
Gerencia de Sanidad Forestal, Conafor. México. Diciembre de 2017.

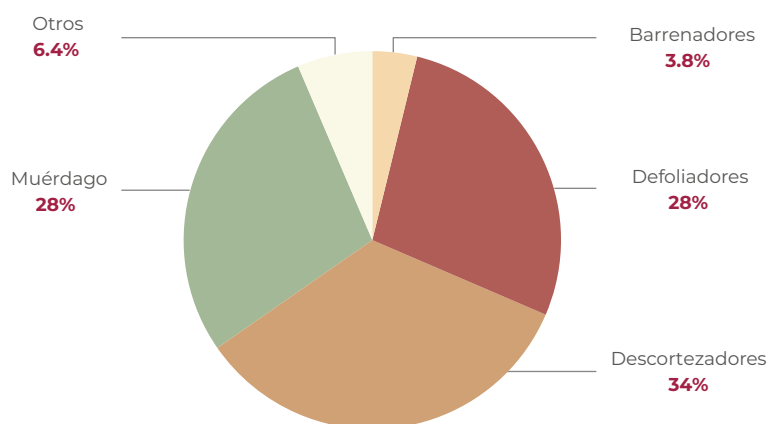
A pesar del esfuerzo nacional en el tratamiento de las superficies afectadas por enfermedades o plagas forestales, no se atiende toda la superficie afectada, por ejemplo, de la superficie afectada en el periodo 2003 y 2017, solo se realizaron actividades sanitarias en poco más del 63% (en promedio de todos los estados) de la superficie con algún tipo de afectación.

Los estados que trataron el mayor porcentaje de su superficie afectada fueron Durango (84% del área afectada), Chihuahua (83%), Michoacán (79%) y Veracruz (77%). En contraste, los estados que trataron una proporción menor de su superficie afectada fueron Campeche (29%), Colima (31%), Yucatán (34%) y Morelos (36%; Mapa 2.23).

Entre 2003 y 2017, la superficie tratada por plagas y enfermedades forestales ascendió a poco más de 790 mil hectáreas. Las plagas más combatidas fueron los descortezadores, en una superficie de 267 818 hectáreas (equivalente al 34% de la superficie tratada en el periodo), seguidos por los muérdagos (223 149 ha, 28%), los defoliadores (218 396 ha; 28%) y los barrenadores (30 233 ha; 4%; Figura 2.38).

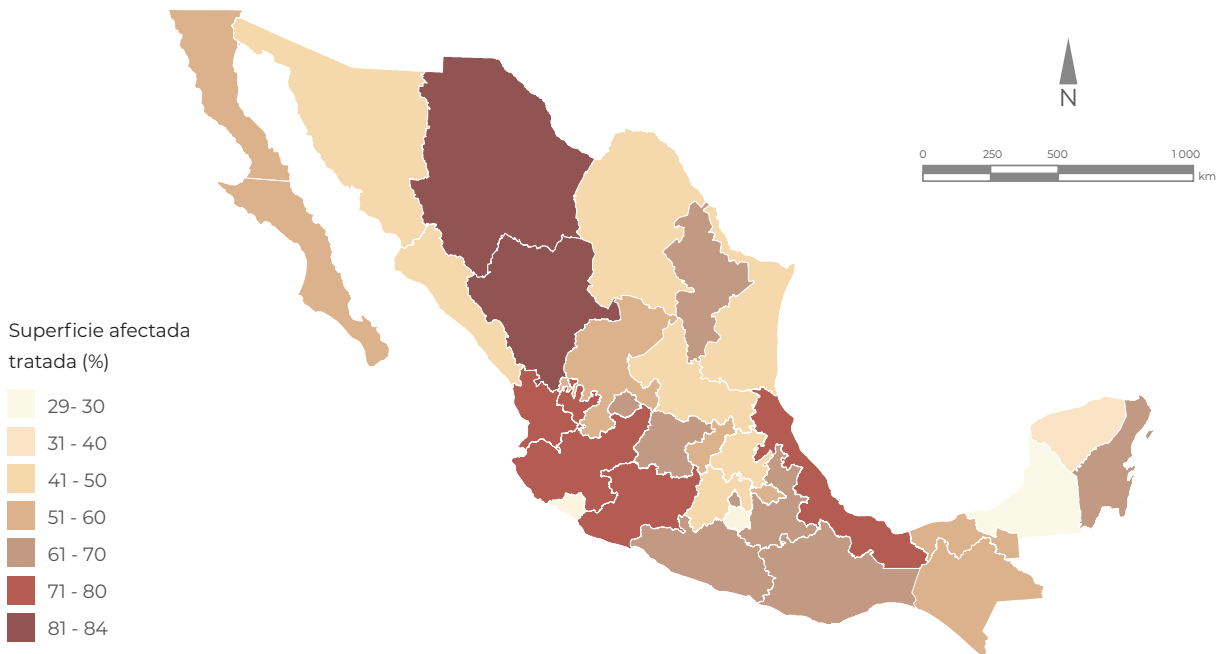
Una de las opciones empleadas en varias partes del mundo para reducir las presiones sobre las comunidades forestales ha sido el establecimiento de plantaciones forestales. Las plantaciones no solo reducen la presión sobre los recursos forestales, sino también previenen la degradación del suelo y favorecen la recarga de los mantos acuíferos, entre otros servicios ambientales. En el mundo, desde 1990 las plantaciones forestales han crecido a una tasa anual del 2.01%, esto es, alrededor de 4.5 millones de hectáreas anuales, para 2015 se contabilizaba una superficie total de poco más de 1 212 millones de hectáreas (FAO, 2015).

Figura 2.38 Superficie tratada por plagas y enfermedades forestales, según tipo, 2003 - 2017



Fuente: Gerencia de Sanidad Forestal, Conafor. México. Diciembre de 2017.

Mapa 2.23 Superficie afectada por plagas y enfermedades forestales que recibió tratamiento por entidad federativa, 2003 - 2017



Fuente:
Gerencia de Sanidad Forestal, Conafor. México. Diciembre de 2017.

En México, en 1997 se puso en operación el Programa para el Desarrollo de Plantaciones Forestales Comerciales (Prodeplan) que en la actualidad forma parte del Pronafor, con el objetivo de apoyar el establecimiento (en terrenos no boscosos) y el mantenimiento de plantaciones comerciales que contribuyeran a la autosuficiencia en productos forestales. Entre 2000 y 2017 se han apoyado más de 338 mil hectáreas de plantaciones en todas las entidades del país. Las entidades con mayor superficie apoyada en el periodo 2000 a 2017 fueron Veracruz (poco más de 49 mil ha), Tabasco (45 mil ha) y Coahuila (42 mil ha; Mapa 2.24).

El combate a los incendios forestales es otro frente de lucha contra la destrucción de la cobertura vegetal. Para ello se siguen tres acciones: la prevención, el pronóstico y el combate directo. Las prácticas de prevención incluyen las brechas cortafuego y las quemadas prescritas, programas de 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) y también se cuenta con el Sistema de Información de Incendios Forestales de México, que funciona mediante un acuerdo con el Ministerio de Recursos Naturales de Canadá. Con la información de ambos centros se generan índices de riesgo de incendios, los cuales se construyen considerando datos meteorológicos, la cantidad de material combustible y la topografía del sitio, entre otros. A partir de esta información se generan mapas que muestran los puntos críticos donde pueden presentarse incendios forestales. Por otro lado, la detección de incendios en el campo se realiza mediante avistamientos desde torres, aviones o vehículos terrestres. El combate

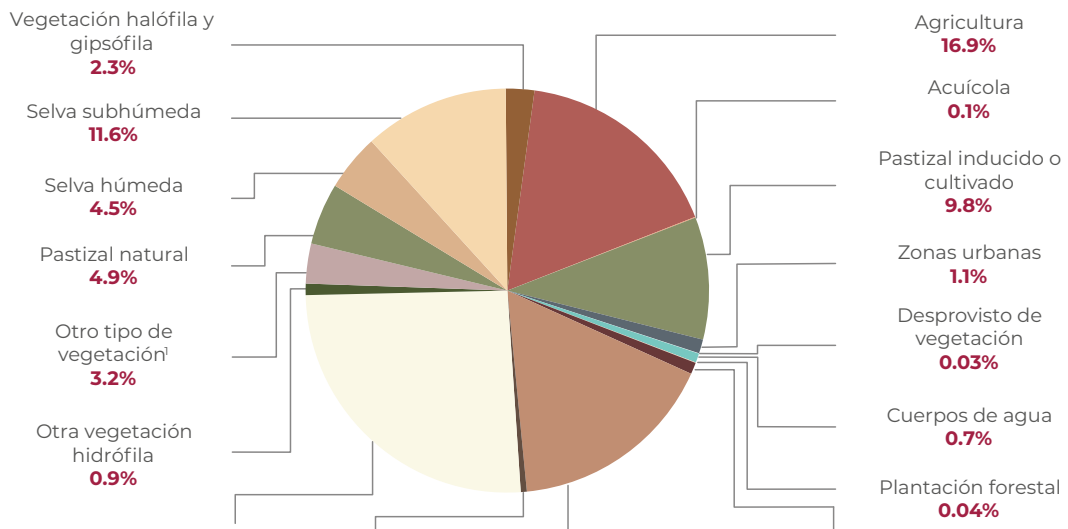
de los incendios se realiza mediante brigadas apoyadas por las autoridades competentes, cuerpos de seguridad (marina y ejército) y voluntarios, todo bajo la supervisión de expertos y representantes de la Conafor. En el periodo 1997 a 2017, el tiempo promedio de detección de los incendios fue de 46 minutos, mientras que las llegadas para iniciar su combate promediaron una hora con 27 minutos y la duración de los incendios fue de 13 horas en promedio (Figura 2.39).

Mapa 2.24 Superficie apoyada por el Programa de Plantaciones Forestales Comerciales (Prodeplan) por entidad federativa, 2000 - 2017



Fuente: Gerencia de Desarrollo de Plantaciones Forestales Comerciales, Conafor. México. Diciembre de 2017.

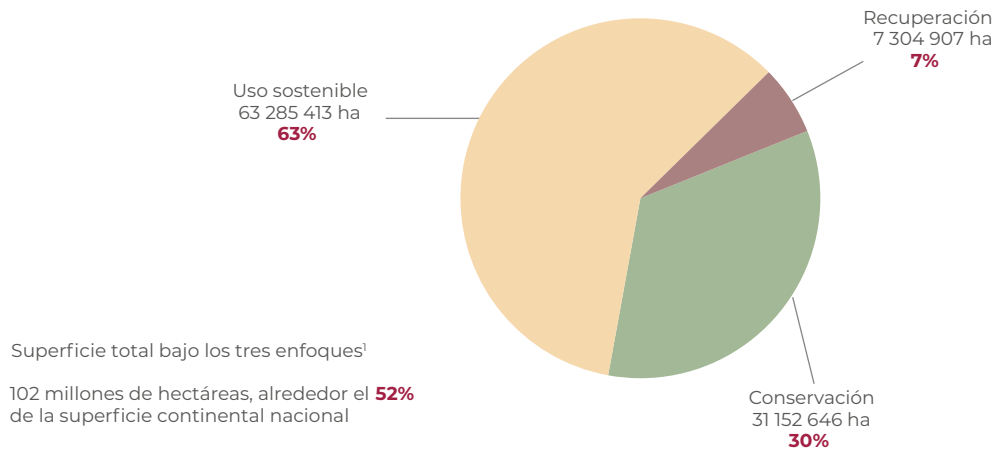
Figura 2.39 Duración promedio de los incendios forestales en México, 1997 - 2017



Fuente: Gerencia del Manejo del Fuego, Conafor. México. Marzo de 2018.

En resumen, hasta el año de 2017 los instrumentos de conservación, uso sustentable y recuperación de los ecosistemas atendieron, en conjunto, una superficie acumulada de casi 102 millones de hectáreas, lo que representa casi el 52% del territorio continental nacional (Figura 2.40). Es importante señalar que debido a que existe traslape entre las superficies atendidas por algunos instrumentos (por ejemplo, entre las Uma y los PSA con las ANP o las zonas que se reforestan dentro de las ANP) la superficie atendida real es menor.

Figura 2.40 Superficie nacional con programas de enfoque de conservación, uso sustentable y de recuperación de ecosistemas terrestres, 2017



Nota:

¹ Debido a que algunos instrumentos traslapan sus áreas de influencia, la superficie total real bajo los tres enfoques es menor a la citada en el texto.

Fuentes:

Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos, Conafor. México. Diciembre de 2017.
 Dirección General de Vida Silvestre, Semarnat. México. Diciembre de 2017.

OTROS INSTRUMENTOS INDIRECTOS DE PROTECCIÓN DE LOS ECOSISTEMAS TERRESTRES

ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO

El uso del suelo ha estado regido por las necesidades de alimento, vivienda y de la forma de convivencia social. La economía y la organización social son los principales motores de cambio de la humanidad y han promovido la transformaron de los ecosistemas hacia tierras de cultivo, de pastoreo y de construcción de zonas urbanas, entre otros usos. La planificada y la adecuada administración del uso del suelo traen consigo mejoras a la calidad de vida de la población, además de que contribuye al uso sustentable de los recursos naturales. En contraste, la falta de planeación provoca la sobreexplotación de los ecosistemas, el establecimiento de poblaciones en zonas de alto riesgo, la deforestación y la eliminación de humedales para el desarrollo de granjas acuícolas o centros turísticos, entre otros efectos negativos.

El instrumento que busca conciliar las aptitudes, prioridades y necesidades de los usos del suelo es el ordenamiento ecológico del territorio, el cual se define como “el instrumento de política ambiental cuyo objeto es regular o inducir el uso del suelo y las actividades productivas, con el fin de lograr la protección del medio ambiente; la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, a partir del análisis de las tendencias de deterioro y las potencialidades de aprovechamiento de los mismos” (Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, 2015; DOF, 2015).

Con base en el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA, DOF, 2014) en materia de Ordenamiento Ecológico del Territorio (OET) se establece que el OET tiene por objetivo clasificar por grados de aptitud de la tierra o uso de suelo y vegetación al territorio nacional y las zonas sobre las cuales tiene soberanía y jurisdicción. La aptitud del uso de la tierra se refiere a las condiciones y recursos disponibles en el lugar para realizar una actividad determinada, sea ésta de conservación, de aprovechamiento o de urbanización, y estos lugares se denominan áreas prioritarias y de aptitud sectorial.

En este sentido, el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT) orienta sobre la vocación de la tierra para el establecimiento de actividades productivas o de asentamientos humanos; a la vez que procura mantener los bienes y servicios ambientales; promover la protección y conservación de los ecosistemas y su biodiversidad; fortalecer el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SNANP); mediar en la solución de conflictos ambientales, y facilitar la gestoría de la Administración Pública Federal (APF). La clasificación ecológica del territorio nacional (aptitud sectorial), a su vez permite establecer las estrategias necesarias la preservación, protección, restauración y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales. El OET también orienta sobre las medidas de mitigación que podrían adoptarse ante impactos ambientales. Es importante mencionar que la ejecución del OET es independiente del cumplimiento de la normatividad aplicable a otros instrumentos de política ambiental, este es el caso de las Áreas Naturales Protegidas y de las Normas Oficiales Mexicanas.

De acuerdo con la LGEEPA, existen cuatro niveles de ejecución de los programas de ordenamiento ecológico: 1) el ordenamiento ecológico general del territorio, de carácter indicativo para los particulares, pero obligatorio para la Administración Pública Federal y de competencia federal; 2) el ordenamiento regional, aplicable a dos o más estados, a dos o más municipios o al estado completo y cuya expedición es competencia de las autoridades estatales; 3) el ordenamiento local, que se aplica en un municipio completo o en parte de éste y cuya expedición es competencia de las autoridades municipales, y 4) los ordenamientos ecológicos marinos, que incluyen las zonas marinas y las zonas federales adyacentes que son competencia de la federación (ver el recuadro [Ordenamientos ecológicos marinos](#)).

El Ordenamiento Ecológico General del Territorio (OEGT), publicado en septiembre de 2012, “...establece las bases que permiten que las secretarías de Estado se coordinen con estados y municipios para elaborar e instrumentar sus proyectos



En el país actualmente se cuenta con dos ordenamientos marinos decretados y dos en proceso de elaboración. Los decretados corresponden al Ordenamiento Ecológico Marino del Golfo de California (OEMGC) y al Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe (OEMyRGMMyMC). El primero de ellos cubre una superficie de 24.71 millones de hectáreas (Mapa 2.3.a) y tiene entre sus objetivos inducir el desarrollo de las actividades económicas, tales como la pesca y el turismo, hacia zonas de mayor aptitud y menor impacto ambiental. Asimismo, busca que el Comité de Ordenamiento Ecológico se consolide como un espacio de gobernabilidad regional ambiental, por medio del cual se fortalezca la transversalidad de las políticas públicas, se informe sobre las acciones que el gobierno y la sociedad desarrollan en la región y se impulse el trabajo conjunto y la toma de decisiones plurales para la atención de los problemas y conflictos ambientales de la región. Cabe señalar que el Golfo de California es uno de los ecosistemas marinos más productivos del mundo y un sitio con alta biodiversidad, encontrándose además en sus aguas dos especies muy importantes desde el punto de vista de la conservación: la totoaba (*Totoaba macdonaldi*) y la vaquita marina (*Phocoena sinus*), ambas enlistadas dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

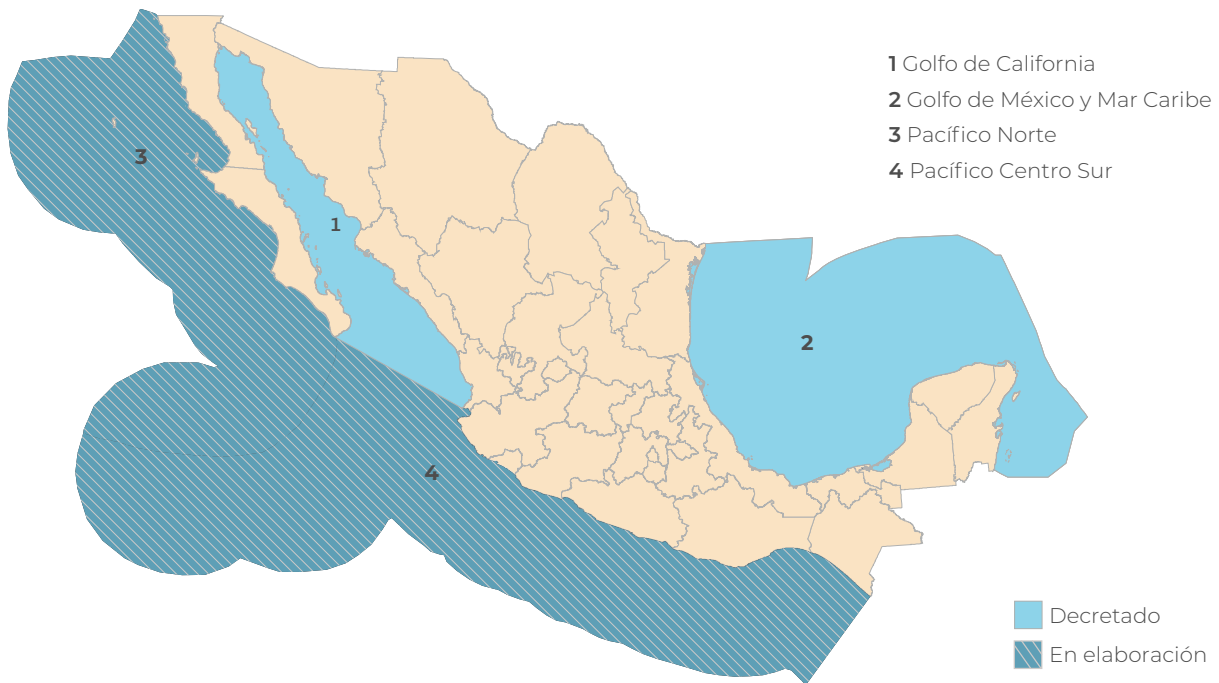
El área sujeta a ordenamiento ecológico marino cubre cerca de 100 millones de hectáreas, de las cuales el 83% corresponde a zonas marinas (decretada en 2012) y el restante 17% a zonas terrestres (Mapa 2.3.a). Desde el punto de vista ambiental, la región es importante por su riqueza de ecosistemas, tanto en la zona marina, como en la terrestre e insular, que incluye arrecifes coralinos, humedales, selvas bajas y medianas y sistemas lagunares costeros. Desde el punto de vista económico, en esa zona se realizan dos actividades importantes para el país en cuanto a la generación de ingreso: la producción petrolera y la industria turística. Los Ordenamientos Ecológicos Marinos y Regionales del Pacífico Norte (que comenzó en 2009) y del Pacífico Centro Sur (iniciado en 2011) están aún en etapa de elaboración.

El área sujeta a ordenamiento ecológico marino cubre cerca de 99.5 millones de hectáreas, de las cuales el 83% corresponde a zonas marinas (decretada en 2012) y el restante 17% a zonas terrestres (Mapa 2.a). Desde el punto de vista ambiental, la región es importante por su riqueza de ecosistemas, tanto en la zona marina, como en la terrestre e insular, que incluye arrecifes coralinos, humedales, selvas bajas y



medianas y sistemas lagunares costeros. Desde el punto de vista económico, en esa zona se realizan dos actividades importantes para el país en cuanto a la generación de ingreso: la producción petrolera y la industria turística. Los Ordenamientos Ecológicos Marinos y Regionales del Pacífico Norte (que comenzó en 2009) y del Pacífico Centro Sur (iniciado en 2011) están aún en etapa de elaboración.

Figura 2.3.a Ordenamientos ecológicos marinos



Fuente:
 Dirección General de Política Ambiental e Integración Regional y Sectorial, Semarnat. México. Marzo de 2018.

Referencias:

Dirección General de Política Ambiental e Integración Regional y Sectorial, Semarnat. México. 2012.
 DOF. Decreto por el que se aprueba el Programa de Ordenamiento Ecológico Marino del Golfo de California. México. 2006 (29 de noviembre).
 DOF. Acuerdo por el que se expide la parte marina del Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe y se da a conocer la parte regional del propio Programa. México. 2012 (24 de noviembre).

tomando en cuenta la aptitud territorial, las tendencias de deterioro de los recursos naturales, los servicios ambientales, los riesgos ocasionados por peligros naturales y la conservación del patrimonio natural” (Semarnat, 2012). En su formulación, que comenzó en el año 2008, participaron las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal que realizan actividades que inciden en la ocupación del territorio (como las secretarías de Medio Ambiente y Recursos Naturales; Desarrollo Social; Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación; Comunicaciones y Transportes; Turismo; Energía; Reforma Agraria; Economía, Gobernación y el Instituto Nacional de Estadística y Geografía), y fue retroalimentado por las autoridades de planeación del desarrollo y ambiental de los estados y los Consejos Consultivos para el Desarrollo Sustentable.

La mayoría de los ordenamientos ecológicos decretados se localizan en el centro del país, la península de Yucatán y el norte de la península de Baja California. En estos ordenamientos han participado, de forma decisiva, los sectores de desarrollo turístico y urbano (Mapas 2.25 y 2.26). En el caso de ambas penínsulas, a través de los ordenamientos, se pretende no solo conservar el medio ambiente sino también ser foco de desarrollo y atracción de actividades turísticas que permitan mejorar la calidad de vida de las comunidades locales al mismo tiempo que se conserva la belleza del paisaje. Esto implica la participación de otros sectores orientados hacia la preservación ecológica y las actividades productivas, como el agropecuario, pesquero y forestal.

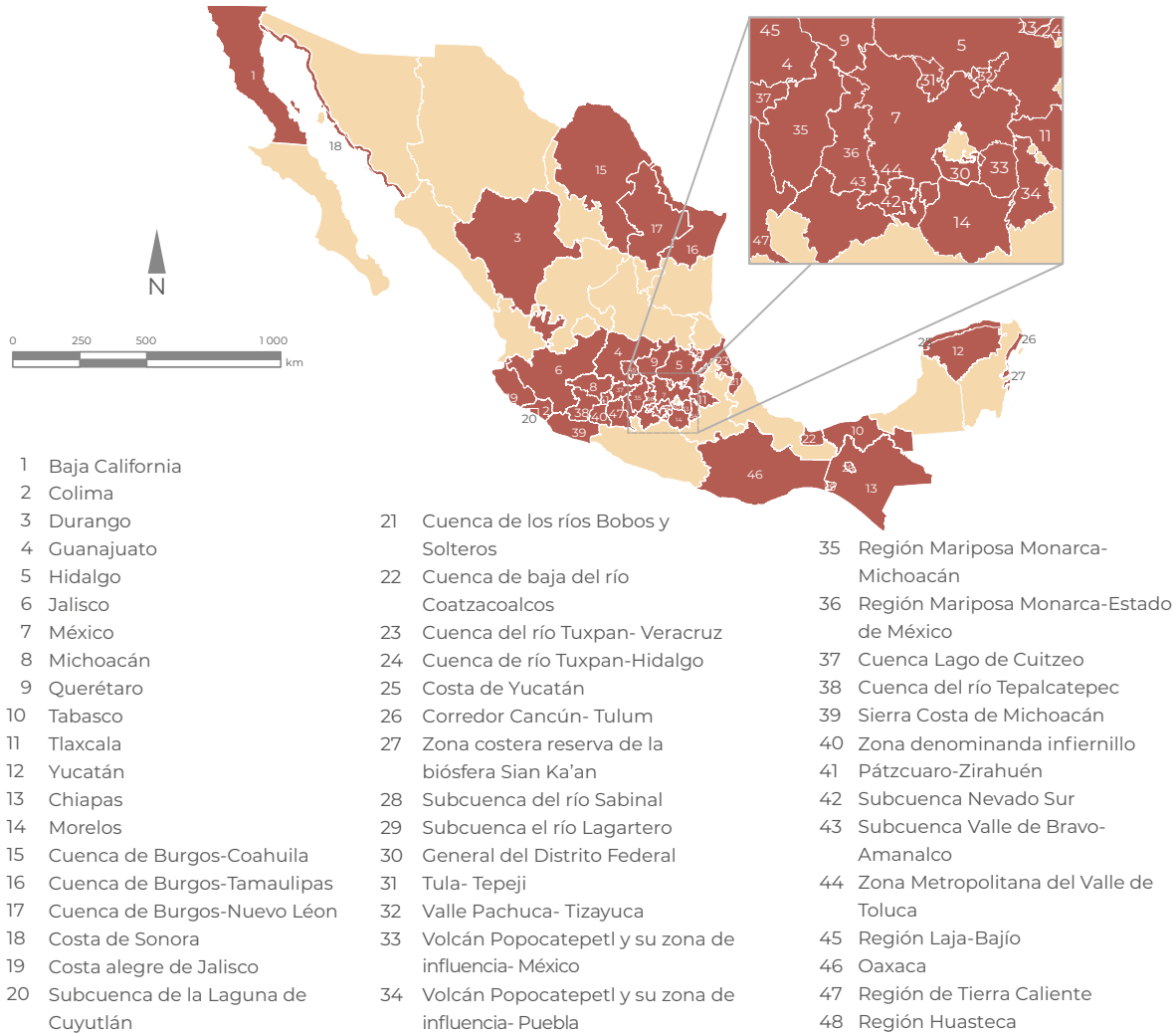
Con respecto a los ordenamientos ecológicos locales, hasta marzo de 2018 la Dirección General de Política Ambiental e Integración Regional y Sectorial de la Semarnat tenía registrados 88 locales decretados y algunos más en proceso de formulación a cargo de los gobiernos municipales. En lo referente a los ordenamientos regionales, en esa misma fecha, 51 contaban con decreto y varios más se encontraban en proceso de formulación a cargo de los gobiernos estatales (Figura 2.41). Actualmente, alrededor del 60% de la superficie terrestre nacional, es decir, 117.3 millones de hectáreas, cuenta con un ordenamiento ecológico decretado, ya sea regional o local.

LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

El impacto ambiental se define como cualquier modificación del medio ambiente ocasionada por la acción del humano o la naturaleza. La evaluación del impacto ambiental (EIA) es un instrumento de la política ambiental dirigido al análisis detallado de diversos proyectos de desarrollo y del sitio donde se pretenden realizar. El propósito de este análisis es identificar y cuantificar los impactos que la ejecución de un proyecto determinado puede ocasionar al ambiente. Los resultados de la evaluación determinan la factibilidad ambiental del proyecto (mediante el análisis costo-beneficio ambiental) y establece en su caso, las condiciones para su

ejecución, así como las medidas de prevención y mitigación de los posibles impactos ambientales, todo ello a fin de evitar o reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente y la salud humana.

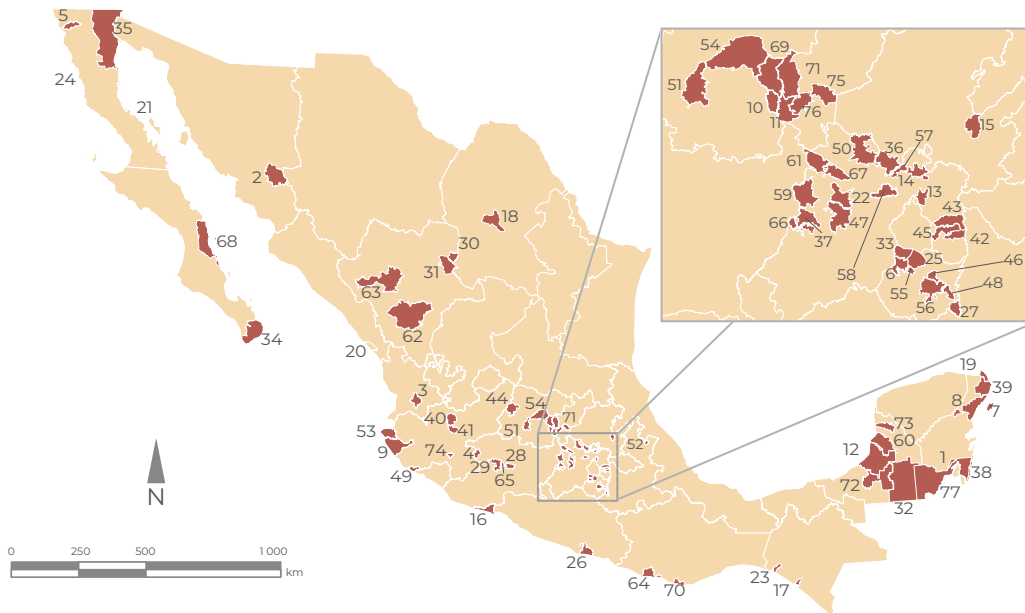
Mapa 2.25 Ordenamientos ecológicos regionales decretados, 2017



Fuente: Dirección General de Política Ambiental e Integración Regional y Sectorial, Semarnat. México. Marzo de 2018.

El procedimiento de evaluación del impacto ambiental se inició en México en 1988 con la publicación en el Diario Oficial de la Federación de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA; DOF, 1988a) y su Reglamento en Materia de Impacto Ambiental (REIA; DOF, 1988b). En el reglamento se establecieron tres modalidades para la presentación de la Manifestación de Impacto Ambiental (MIA): general, intermedia y específica. Asimismo, se determinó qué tipo de proyectos deberían ser sometidos al procedimiento de evaluación de impacto ambiental, junto con la forma precisa en que debería presentarse la información que contienen. Derivado de las reformas a la LGEEPA en 1994, el 30 de mayo del 2000 se modificó y publicó el nuevo Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación del Impacto Ambiental (RLGEEPAMEIA; DOF, 2000).

Mapa 2.26 Ordenamientos ecológicos locales decretados, 2017

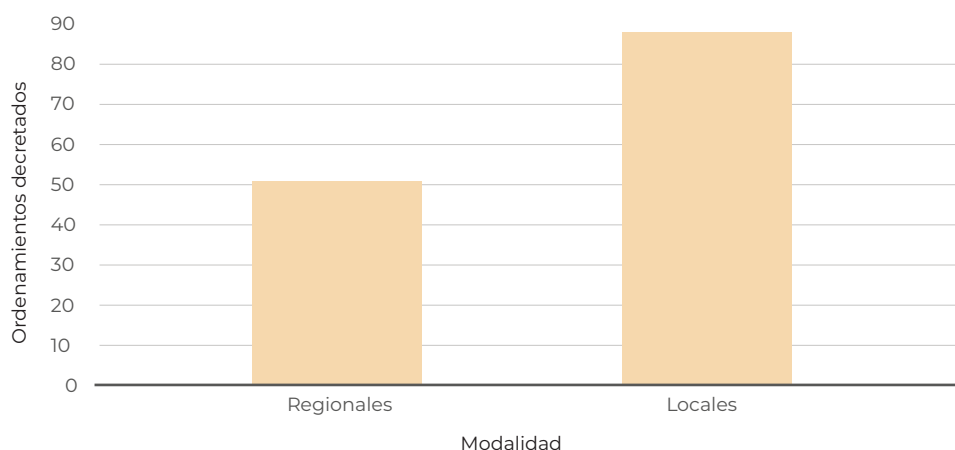


- | | | |
|--|--|--|
| 1 Laguna de Bacalar | 26 Municipal ecológico y territorial de San Marcos | 53 Municipal de Cabo Corrientes |
| 2 Municipal de Rosario Tesopaco | 27 Municipal de Axochiapan | 54 Municipal de Allende |
| 3 Municipal de Santa María del Oro | 28 Municipal de Salvador Escalante | 55 Municipal de Jiutepec |
| 4 Municipal de Cotija | 29 Municipal de Uruapan | 56 Municipal de Ayala |
| 5 Corredor San Antonio de las Minas Valle de Guadalupe | 30 Municipal de Gómez Palacio | 57 Municipal de Huehuetoca |
| 6 Municipal de Cuernavaca | 31 Municipal de Lerdo | 58 Municipal de Nicolás Romero |
| 7 Municipio de Cozumel | 32 Municipal de Calakmul | 59 Municipal de San José del Rincón |
| 8 Municipal de Solidaridad | 33 Municipal de Huitzilac | 60 Municipal de Campeche |
| 9 Municipal de Tomatlán | 34 Municipal de Los Cabos | 61 Municipal de Temascalcingo |
| 10 Corregidora | 35 Municipal de Mexicali | 62 Municipal de Durango |
| 11 Huimilpan | 36 Municipal de Tepeji del Río Ocampo | 63 Municipal de Santiago Papasquiaro |
| 12 Champotón | 37 Municipal de Villa de Allende | 64 Municipal de Villa de Tututepec de Melchor Ocampo |
| 13 Ecatepec de Morelos | 38 Costa Maya | 65 Municipal de Ziracuaretiro |
| 14 Zumpango | 39 Municipal de Benito Juárez | 66 Municipal de Donato Guerra |
| 15 Municipal de Huasca de Ocampo | 40 Municipal de Zapopan | 67 Municipal de Atlacomulco |
| 16 Municipal de Lázaro Cárdenas | 41 Municipal de Tlajomulco | 68 Municipal de Loreto |
| 17 Cuenca Río Coapa | 42 Municipal de Tlalmanalco | 69 Municipal de Querétaro |
| 18 Cuatrociénegas | 43 Municipal de Ixtapaluca | 70 Municipal de Santa María Tonameca |
| 19 Municipal de Isla Mujeres | 44 Municipal de León | 71 Municipal de El Marqués |
| 20 Zona Costera del Municipio de Rosario | 45 Municipal de Chalco | 72 Municipal de Escárcega |
| 21 Costero Terrestre Puertecitos - Paralelo 28 | 46 Municipal de Cuautla | 73 Municipal de Hecelchakan |
| 22 Municipal de Ixtlahuaca | 47 Municipal de Almoloya de Juárez | 74 Municipal de Zapotlán el Grande |
| 23 Subcuenca del Río Zanatenco | 48 Municipal de Jonacatepec | 75 Municipal de Tequisquiapan |
| 24 San Quintín | 49 Municipal de Cihuatlán | 76 Municipal de Pedro Escobedo |
| 25 Municipal de Tepoztlán | 50 Municipal de Jilotepec | 77 Municipio de Othón P. Blanco |
| | 51 Municipal de Salamanca | |
| | 52 Municipal de Cuetzalan | |

Fuente:

Dirección General de Política Ambiental e Integración Regional y Sectorial, Semarnat. México. Marzo de 2018.

Figura 2.41 Ordenamientos ecológicos locales y regionales decretados, 2017



Fuente:

Dirección General de Política Ambiental e Integración Regional y Sectorial, Semarnat. México. Marzo de 2018.

Entre las reformas más importantes se encuentran la redefinición de las obras y actividades sujetas al procedimiento de evaluación de impacto ambiental de competencia federal, las cuales se clasifican por tipo de actividad, industria o por los recursos naturales que puedan afectarse. En este sentido, se determinó que los estados y municipios son responsables de la evaluación de impacto ambiental de todas aquellas obras y actividades que no se encuentren en el listado de competencia federal. Otras reformas importantes fue el cambio de las modalidades general, intermedia y específica, por las de regional y particular; asimismo se agregaron nuevas disposiciones relativas a la participación pública y del derecho a la información, un apartado de seguros y las garantías con el objeto de exigir el otorgamiento de seguros o garantías respecto del cumplimiento de las condiciones establecidas en las autorizaciones cuando durante la realización de las obras puedan producirse daños graves a los ecosistemas.

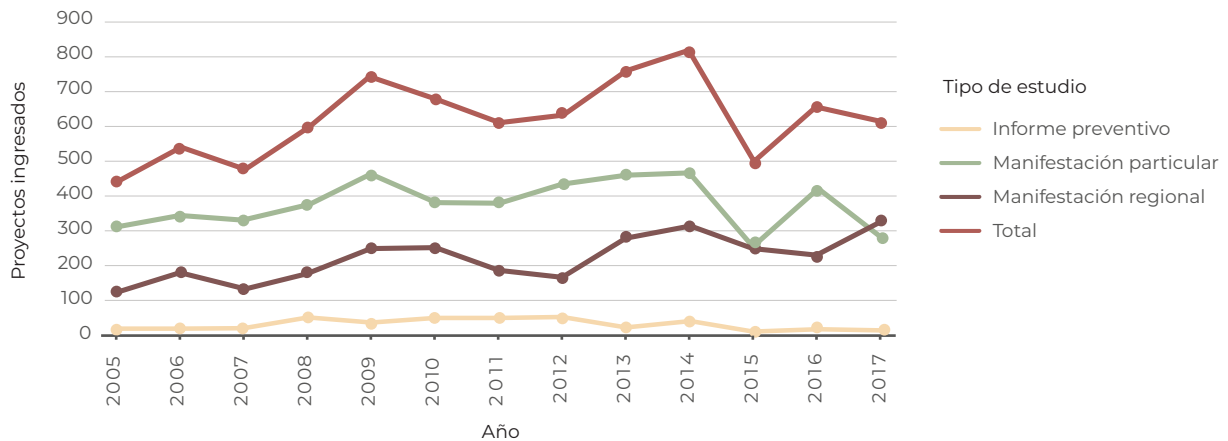
Con el propósito de facilitar, agilizar y optimizar la gestión administrativa de los trámites de impacto ambiental de obras o actividades de competencia federal que requieren previa autorización por parte de la SEMARNAT, en marzo de 2017 se puso en operación el Sistema para el Ingreso, Evaluación y Resolución de Manifestaciones de Impacto Ambiental y Trámites derivados en forma Electrónica (MIA-E), publicado en el DOF el 3 de febrero de 2017 (DOF, 2017), de esta manera, quienes requieran autorización de impacto ambiental pueden ingresar sus estudios en línea y obtener la autorización de la misma forma.

Entérminos generales, las manifestaciones de impacto ambiental deben presentarse en la modalidad regional cuando se trata de proyectos que incluyen parques industriales, granjas acuícolas de más de 500 hectáreas, carreteras, vías férreas, proyectos de generación de energía nuclear, presas y, en general, proyectos que alteren las cuencas hidrológicas. También requieren esta modalidad de evaluación las obras que se pretendan desarrollar en zonas donde exista un programa de ordenamiento ecológico y en sitios donde se prevean impactos acumulativos,

sinérgicos o residuales que pudieran ocasionar la destrucción, el aislamiento o la fragmentación de los ecosistemas. En los demás casos, la manifestación deberá presentarse en la modalidad particular. Es importante señalar que si el proyecto contempla actividades consideradas como altamente riesgosas, el estudio ambiental deberá acompañarse de un estudio de riesgo para su correspondiente evaluación y dictamen.

Para someter un proyecto a este procedimiento y obtener su autorización, el promovente deberá entregar a la Semarnat un Informe Preventivo o una Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) en la modalidad que corresponda de acuerdo con el Reglamento en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental (REIA). En la Figura 2.42 se muestra el número de proyectos ingresados para la evaluación de impacto ambiental en cada modalidad en el periodo 2005-2017.

Figura 2.42 Proyectos ingresados bajo el procedimiento de evaluación de impacto ambiental por tipo de estudio, 2005 - 2017



Fuente: Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental, Semarnat. México. Septiembre de 2018.

Una vez evaluada la manifestación de impacto ambiental, la Semarnat emite la resolución correspondiente, la cual puede negar o aprobar la autorización para la ejecución del proyecto. En caso de aprobación, ésta puede darse en los términos solicitados o si se considera necesario, señalando las condiciones o medidas adicionales de prevención o mitigación que se deberán cumplir. Se puede negar una autorización solicitada en aquellos casos en los que no se cumplan las leyes aplicables, cuando por la realización del proyecto se amenace o se ponga en peligro de extinción una o más especies o cuando exista falsedad en la información proporcionada por el promovente.

En el periodo 2005-2017, la Semarnat recibió 8 206 proyectos (631 en promedio por año) y atendió 8 018 evaluaciones (Figura 2.43). La mayoría de los proyectos ingresados correspondieron a obras y actividades de servicios de los sectores de vías generales de comunicación (2 964 proyectos), recursos hidráulicos (1 305), turismo (838), industrial (657), energético (624) y gasero (591; Figura 2.44).

Los estados que en el periodo 2005-2017 ingresaron el mayor número de proyectos al procedimiento de impacto ambiental fueron Guerrero (699), Guanajuato (595), Veracruz (594), Oaxaca (563) y Quintana Roo (561); por el contrario, Morelos (48), Ciudad de México y Tlaxcala (59 cada uno), Durango y Zacatecas (86 cada uno) fueron las entidades que tuvieron menor demanda de evaluación de proyectos (Mapa 2.27). El total de proyectos atendidos, por entidad federativa, se muestra en el Mapa 2.28.

Figura 2.43 Proyectos ingresados y atendidos bajo el procedimiento de evaluación de impacto ambiental, 2005 - 2017¹



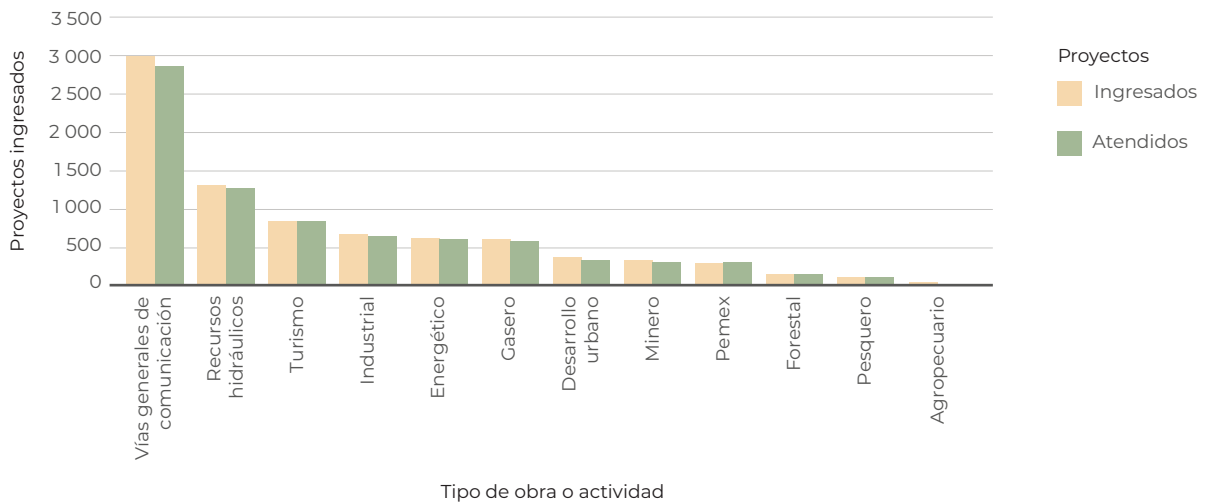
Nota:

¹ Los años en los que se atienden más proyectos que los ingresados se debe a que incluyen los rezagos de años anteriores. El hecho de que un proyecto sea reportado como atendido no significa que haya sido autorizado.

Fuente:

Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental, Semarnat. México. Septiembre de 2018.

Figura 2.44 Proyectos ingresados y atendidos bajo el procedimiento de evaluación de impacto ambiental por tipo de obra o actividad, 2005 - 2017



Fuente:

Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental, Semarnat. México. Septiembre de 2018.

Mapa 2.27

Proyectos ingresados bajo el procedimiento de evaluación de impacto ambiental por entidad federativa, 2005 - 2017



Nota:

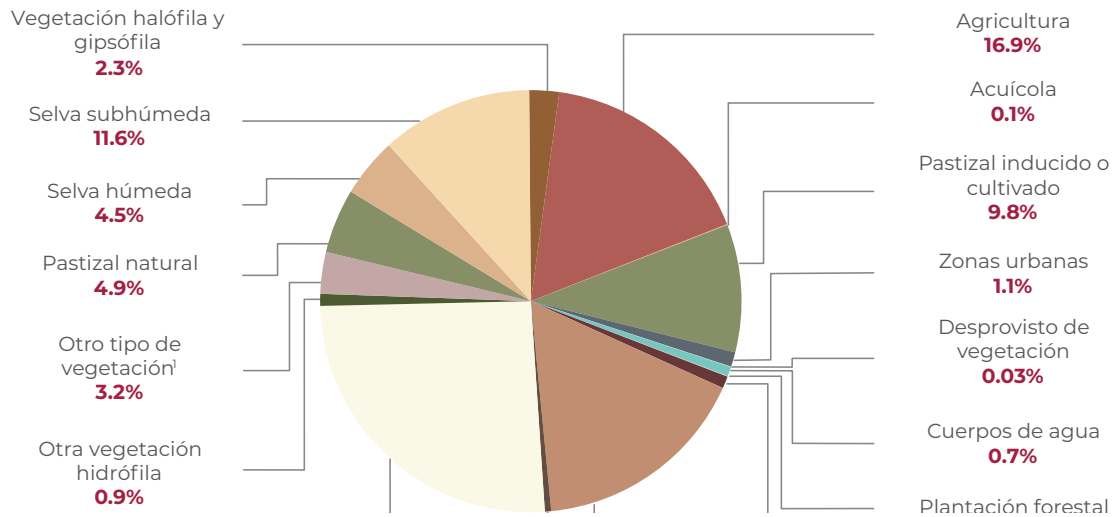
¹ Los datos presentados no incluyen los proyectos atendidos en las Delegaciones Federales de la Semarnat.

Fuente:

Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental, Semarnat. México. Septiembre de 2018.

Mapa 2.28

Proyectos atendidos bajo el procedimiento de evaluación de impacto ambiental por entidad federativa, 2005 - 2017



Nota:

¹ Los datos presentados no incluyen los proyectos atendidos en las Delegaciones Federales de la Semarnat.

Fuente:

Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental, Semarnat. México. Septiembre de 2018.

REFERENCIAS

- Brockway, D.G., E.F. Loewenstein y K.W. Outcalt. Proportional basal area method for implementing selection silviculture systems in longleaf pine forests. *Canadian Journal of Forest Research* 44: 977-985. 2014.
- Castillo, M., P. Pedernera y E. Peña. Incendios forestales y medio ambiente: una síntesis global. *Revista Ambiente y Desarrollo de CIPMA*. XIX (3 y 4). 2003.
- Conafor. *Inventario Nacional Forestal y de Suelos*. Informe 2004-2009. Conafor. México. 2012.
- Conafor. *Inventario Nacional Forestal y de Suelos*. Informe 2009-2014. Conafor. México. 2018.
- Cotecoca. *Monografías de Coeficientes de Agostadero, años 1972-1981*. Cotecoca, Sagarpa. México. 2004.
- Cotecoca. *Monografías de Coeficientes de Agostadero*. Cotecoca, Sagarpa. México. 2015.
- Dale, V.H., L.A. Joyce, S. McNulty *et al.* Climate change and forest disturbances. *Bioscience* 51: 723-734. 2001.
- DOF. *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)*. México. 1988a. (28 de enero).
- DOF. *Reglamento de Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Impacto Ambiental*. México. 1988b. (07 de junio).
- DOF. *Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental*. México. 2000. (30 de mayo).
- DOF. *Reglamento de la ley General de Desarrollo Forestal Sustentable*. México. 2005. (21 de febrero).
- DOF. *Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental*. México. 2014. (31 de octubre).
- DOF. *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Impacto Ambiental*. México. 2015. (9 de enero).
- DOF. *Acuerdo por el que se establece el Sistema para el Ingreso, Evaluación y Resolución de Manifestaciones de Impacto Ambiental y Trámites derivados en forma electrónica (MIA-E) y se definen los trámites que podrán realizarse a través de dicho sistema*. México. 2017. (03 de febrero).
- DOF. *Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable*. México. 2018. (5 de junio).
- FAO. *Global Forest Resources Assessment 2000*. FAO. Roma. 2001.
- FAO. *Proceedings: Second Expert Meeting on Harmonizing Forest-related Definitions for use by various stakeholders*. Roma. 2002.

- FAO. *Global Forest Resources Assessment 2005*. FAO. Roma. 2005.
- FAO. *Global Forest Resources Assessment 2010*. FAO. Roma. 2010.
- FAO. *Global Forest Resources Assessment, terms and definitions 2012*. FAO. Roma. 2012.
- FAO. *Global Forest Resources Assessment 2015*. FAO. Roma. 2015.
- Haltenhoff, H. *Manual de efectos del fuego y evaluación de daños*. Proyecto FAO/TCP/GUA/2903. Guatemala. 2005.
- INE-Semarnat. *Degradación del suelo en la República Mexicana*. INE-Semarnat. México. 2003.
- INEGI. *Carta de Uso de Suelo y Vegetación, Serie I, escala 1:250 000*. INEGI. México. 1993.
- INEGI. *Carta de Uso de Suelo y Vegetación, Serie II, escala 1:250 000*. INEGI. México. 2004.
- INEGI. *Carta de Uso de Suelo y Vegetación, Serie III, escala 1:250 000*. INEGI. México. 2005.
- INEGI. *Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie IV, escala 1:250 000*. INEGI. México. 2011.
- INEGI. *Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie V, escala 1:250 000*. INEGI. México. 2013.
- INEGI. *Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie VI, escala 1:250 000*. INEGI. México. 2017.
- INEGI. *Guía para la interpretación de cartografía Uso del suelo y vegetación Escala 1:250 000 Serie V*. INEGI. México. 2015.
- Kara, F. y E.F. Loewenstein. Influence of residual basal area on longleaf pine (*Pinus palustris* Mill.) first year germination and establishment under selection silviculture. *Open Journal of Forestry* 5: 10 -20. 2015.
- Matthews, E., R. Payne, M. Rohweder *et al.* *Pilot Analysis of Global Ecosystems. Forest Ecosystems*. WRI. Washington, D. C. 2000. Disponible en: <https://www.wri.org/publication/pilot-analysis-global-ecosystems-forest-ecosystems>.
- Millennium Ecosystem Assessment. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press. Washington. 2005.
- Ritters, K., J. Wickham, R. O'Neill *et al.* Global scale patterns of forest fragmentation. *Conservation Biology* 4: 3-13. 2000.
- Sánchez-Colón, S., A. Flores Martínez, I.A. Cruz-Leyva *et al.* Estado y transformación de los ecosistemas terrestres por causas humanas. En: Dirzo, R., R. González y I.J. March (comp.). *Capital Natural de México, Volumen II: Estado de conservación y tendencias de cambio*. Conabio. México. 2008.
- SARH. *Inventario Nacional de Gran Visión uso de suelo y vegetación 1991-1992, escala 1:1 000 000*. SARH. México. 1992.
- SARH. *Inventario Nacional Forestal Periódico 1992-1994*. SARH. México. 1994.

SCBD. *Impacts of human-caused fires on biodiversity and ecosystem functioning, and their causes in tropical, temperate and boreal forest biomes*. CBD Technical Series no. 5. Montreal, Canadá. 2001a.

SCBD. *Sustainable management of non-timber forest resources*. Secretariat of the Convention on Biological Diversity. CBD Technical Series no. 6. Montreal, Canadá. 2001b.

SCBD. *The Value of Forest Ecosystems*. Secretariat of the Convention on Biological Diversity. CBD Technical Series No. 4. Montreal, Canadá. 2001c.

Semarnat. *Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio*. Semarnat, DGPAIRS. México. 2012.

Semarnat. *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México 2015. Compendio de Estadísticas Ambientales, Indicadores Clave, de Desempeño Ambiental y de Crecimiento Verde*. Semarnat. México. 2016.

Simula, M. y E. Mansur. Un desafío mundial que reclama una respuesta local. *Unasyva* 238(62): 3-7. 2011.

UNEP-WCMC y IUCN. *Protected Planet Report 2016*. UNEP-WCMC y IUCN. Reino Unido y Suiza. 2016.