

E-ACTIVIDADES
Biología para el bachillerato

ECOLOGÍA

**Bárcenas L.J., Alvarado Z. A. , Jiménez C. G., Larios J. P., Pacheco H. M.,
Sánchez H. V. H., Urzúa R. M., Vázquez de la T. A.M., Ruíz-Velasco S.E.
Padilla O. S, Tolosa S. J.S., García M. M. P.**

PAPIME PE400621
DGAPA UNAM

Queda prohibida la reproducción total o parcial del presente documento, así como cualquier forma de reproducción, comunicación digital o impresa, capacitación, inducción, comercialización sin la autorización por escrito del propietario.



e-Actividades

de Biología para el bachillerato

Serie Ecología

*Bárcenas-López Josefina, Alvarado Zink Alejandra, Jiménez Casas Gabriela, Larios Jurado Paula,
Pacheco Hernández Margarita, Sánchez Hernández Victor H.,
Urzúa Ramírez Margarita, Vázquez de la Torre Ana Ma., Ruíz-Velasco Sánchez Enrique,
Padilla Olvera Sergio, Tolosa Sánchez José S., García Morales M. Patricia
Tolosa Sánchez José S., García Morales Martha P.,*

PAPIME PE400621
DGAPA UNAM

*Queda prohibida la reproducción total o parcial del presente documento,
así como cualquier forma de reproducción, comunicación digital o impresa,
capacitación, inducción, comercialización sin la autorización por escrito del propietario.*

© e-Actividades
Biología para el bachillerato
Serie Ecología

© Autores
Josefina Bárcenas López
Alejandra Alvarado Zink
Gabriela Jiménez Casas
Paula Larios Jurado
R. Margarita Pacheco Hernández
Sánchez Hernández Victor H.
Urzúa Ramírez Margarita
Vázquez de la Torre Ana Ma.
Ruíz-Velasco Sánchez Enrique
Padilla Olvera Sergio T
Tolosa Sánchez José S.
García Morales M. Patricia

© Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología
Universidad Nacional Autónoma de México
Circuito Exterior s/n, Cd. Universitaria
Cd. de México, 04510, México

© Diseño de portada
Laura Cecilia Hernández

© Diseño editorial
Laura Cecilia Hernández
Eduardo Barragán López
Carla P. Ramírez Sánchez

PAPIME PE400621
Dirección General de Asuntos del Personal Académicos
Universidad Nacional Autónoma de México

Reservados todos los derechos.

El contenido de esta obra puede ser reproducida o transmitida solo para fines educativos mencionando los créditos correspondientes a los autores.

Los argumentos, ideas y opiniones presentados en cada uno de los capítulos que integran esta obra, son responsabilidad de cada uno de los autores.

ISBN: xxxxxxxxxxxxxx

Hecho en México
2023©

Presentación

LAS E-ACTIVIDADES DE BIOLOGÍA son propuestas didácticas basadas en el programa curricular de Biología del bachillerato de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Diseñadas con una visión *tecnopedagógica*, estas actividades presentan un esquema en el que se presenta al estudiante material que fomenta el aprendizaje activo, que les permitirá alcanzar los objetivos planeados en cada unidad temática.

Las *e-Actividades de Biología* plantean cubrir tres dimensiones la pedagógica, la didáctica y la tecnológica para que a través de la aplicación de ésta última se construya un de aprendizaje en y desde la distancia, proporcionando los elementos necesarios para que el estudiante autoregule su aprendizaje a la vez que construye de manera colaborativa una inteligencia colectiva desde espacios ubicuos en la red.

Para Empezar

En esta sección se explica la simbología que este material contiene al inicio de cada una de las actividades que se presentan en este material. Estos símbolos pretenden orientar la acción didáctica del profesor la cual puede modificarse de acuerdo a los objetivos de aprendizaje que se propongan obtener en la práctica docente.



Indica que la actividad se puede realizar en el exterior



Indica que la actividad propone tareas que fomentan el Aprendizaje Activo



Indica que la actividad se realiza en equipo de más de 4 personas



Indica que la actividad se realiza por parejas



Indica que la actividad se realiza de manera individual



Indica que la actividad se realiza en equipo de 3-4 personas

Para Empezar



Requiere
revisar material de
apoyo en Sección de
Material y
Recursos TIC



Propone el uso de
la estrategia didáctica
del Pensamiento
Visual (Visual
Thinking Strategy)



Indica que
la actividad se puede
realizar en el interior de
un salón, laboratorio y/o
en casa



Indica
el tiempo total que se
debe dedicar para
realizar la actividad
(30 min, 1, 2 ó 4 horas)

Ecología

CONTENIDO

Portada

Portadilla

Legales

Índice

Presentación

Para Empezar

Actividad 1. Los ecosistemas terrestres de México y su importancia

Introducción

Actividad 1

Actividad 2

Actividad 3

Rúbrica de Evaluación

Glosario

Materiales Didácticos

Video "Ecosistemas de México"

Ecosistemas de México, mapas Actividad 2. Biodiversidad en problemas

Actividad 2. El papel ecológico de las ranas y los sapos

Introducción

Actividad 1

Actividad 2

Actividad 3

Rúbrica de Evaluación

Glosario

Materiales Didácticos

Artículo "Desde el suelo hasta el dosel: el papel ecológico de las ranas y los sapos"

Cartel. El papel ecológico de las ranas y los sapos

Cartel. Golfo y Caribe

Actividad 3. Las especies y sus redes de interacción

Introducción

Actividad 1

Actividad 2

Actividad 3

Rúbrica de Evaluación

Glosario

Materiales Didácticos

Artículo "Redes de interacciones para el estudio de la biodiversidad"

Actividad 4. Los ciclos biogeoquímicos: ciclo del agua

Introducción

Actividad 1

Actividad 2

Rúbrica de Evaluación

Glosario

Materiales Didácticos

Artículo "Acuíferos, nuestra valiosa fuente de agua"

Cartel. Los ciclos biogeoquímicos: ciclo del agua

Actividad 5. Ecology (Sección en inglés)

Introduction

Activity 1

Activity 2

Materials and ICT Resources

Activities answers

Los ecosistemas terrestres de México Y SU IMPORTANCIA

RECOMENDADO PARA:

PROGRAMA ENP: INICIACIÓN
UNIVERSITARIA III
PROGRAMA CCH: BIOLOGÍA II

OBJETIVO DE APRENDIZAJE:

Reconocer los ecosistemas terrestres de México, su clasificación, localización, sus recursos y pérdidas para identificar la importancia de los diversos servicios ecosistémicos que nos brindan.

SIMBOLOGÍA



MATERIALES Y RECURSOS TIC

Para realizar esta actividad necesitas:

Recursos web: Padlet, Google Jamboard, GitMind, Miro o Bubbl.us

Aplicaciones: Adobe Acrobat - PDF

Artículos: Mapa república mexicana distribución de ecosistemas

Lectura en PDF Cap2 ecosistemas (páginas 4,5,6,7) Arturo Flores Martínez César E. Rodríguez Ortega María Alejandra González Gutiérrez (2016) , Capítulo. 2 Ecosistemas Terrestres en Informe de la Situación del Medio Ambiente en México e Indicadores (pp. 61-151), SEMARNAT. México.

Video: Conabio Ecosistemas de México https://www.youtube.com/watch?v=-NAr27_PK0kw

INSTRUCCIONES

1. Descarga Adobe Acrobat – PDF y E-signature Tools, que permite subrayar y hacer anotaciones a documentos en PDF. Puedes descargarlo en: <http://pdf-xchange-viewer.softonic.com/descargar>
2. Obtén una cuenta en la aplicación Padlet, Google Jamboard, GitMind, Miro o Bubbl.us
3. El profesor formará equipos de máximo 4 integrantes.
4. Busca en la sección de Materiales y Recursos TIC lo que requieres para realizar estas actividades.



INTRODUCCIÓN

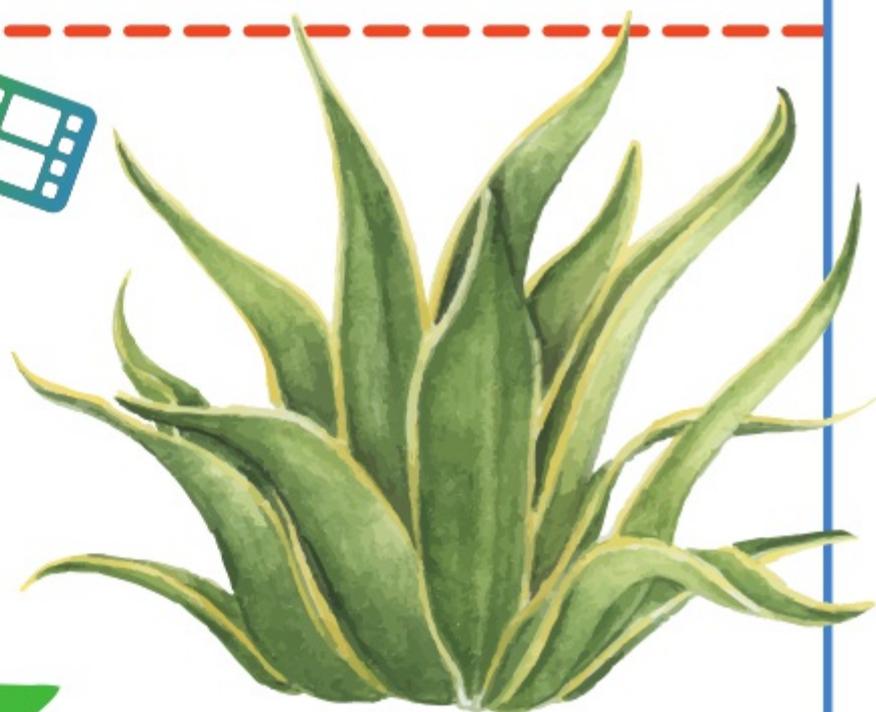
México es un lugar con mucha biodiversidad por su ubicación geográfica y su variedad de relieve. Recordemos que hay diversos ecosistemas desde las montañas hasta los arrecifes. Hay muchas formas de clasificar a los ecosistemas, pero en el caso de los ecosistemas terrestres se puede enfocar según su vegetación.

Se clasifican en siete tipos de vegetación que se manejan en los mapas del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI): los bosques tropicales **perennifolios** (selvas altas y medianas **perennifolias** y subperennifolias del trópico húmedo); los bosques tropicales caducifolios (selvas bajas y medianas caducifolias y subcaducifolias y las selvas espinosas); los bosques mesófilos de montaña (comunidades de gran diversidad en su estructura y composición, que comparten ambientes templados muy húmedos); los bosques templados de coníferas y **latifoliadas** (bosques de pino, oyamel, cedro, **táscate**, de encinos y mixtos de pino y encino, en distintas proporciones); los matorrales **xerófilos** (diversas comunidades vegetales dominantes en los **climas** áridos y semiáridos, i.e. matorrales rosetófilos, desérticos, crasicaules, submontano y subtropical, mezquitales y vegetación gipsófila y halófila); los pastizales (pastizal natural, pradera de alta montaña, sabana y pastizales **gipsófilos** y **halófilos**), y los humedales (manglar, bosque y selva de galería, dunas costeras, vegetación de **petén, popal y tular**).

Los ecosistemas que se verán son casi un 10% de las especies de todo el mundo, y estas generan servicios ecosistémicos como la purificación del aire y agua, regeneración y conservación del suelo, descomposición de los desechos, movimiento de nutrientes, regulación del clima, entre otros.

Actividad 1

1. Observen el video "Conabio Ecosistemas" https://www.youtube.com/watch?v=NAr27_PK0kw
2. Con base en el video localicen en el mapa que se les solicitó, el porcentaje de pérdida y deterioro de cada ecosistema. (apóyense en el mapa de CONABIO que se encuentra en la sección de materiales didácticos).



Actividad 2

1. Lean el texto Ecosistemas Capítulo 2 de la página 4 a la 7.
2. En el muro digital que eligió el profesor (Padlet, Jamboard, Canva, Bubble.us) crear una sección de "Tipos de ecosistemas" donde escribirán la información encontrada de este tema.
3. Compartir entre los equipos del grupo el muro digital creado, con la información encontrada en la lectura.
4. Cada equipo revisará los muros colaborativos compartidos y en una sesión con el profesor, hará comentarios de los ecosistemas que se mencionan en la lectura.



Actividad 3



1. En equipo trabajar con el texto que asigne el profesor, de alguno de los siguientes temas.

- Texto pinos y oyamel
- Texto nopales y biznagas
- Texto magueyes
- Texto orquídeas
- Texto bromelias

2. Con su equipo, elaboren una presentación sobre el texto asignado, que contenga la importancia de cada uno de los recursos naturales y los tipos de ecosistemas en donde se pueden encontrar. Con una extensión de 280 caracteres, dos imágenes máximo y un video con una duración de no más de 5 min.

3. Crear un muro colaborativo utilizando la aplicación elegida por el profesor (Padlet, Jamboard, Canva, Bubble.us), que lleve por título "Ecosistemas, sus recursos e importancia".

4. Compartir su muro colaborativo con los otros equipos del grupo

5. Comentar por lo menos dos de los muros colaborativos compartidos por sus compañeros. Agregar comentarios en el mismo muro colaborativo compartido.

6. Para realizar esta actividad se pueden apoyar en las infografías que se encuentran en este texto en la sección Materiales y Recursos TIC



NOTA

*Puedes revisar la sección
Para saber más*

REVISIÓN DEL TEMA

El profesor abrirá una sesión de discusión, donde los integrantes de cada equipo, comentarán cada uno de los ecosistemas mencionados en la lectura (Actividad 2), así como la importancia de los recursos naturales y el tipo de ecosistemas en donde se pueden encontrar (Actividad 3).



EVALUACIÓN

Se considerará el tipo de información presentada, la síntesis, el análisis y el trabajo y participación en los muros colaborativos (Padlet, Jamboard, Canva o Bubbl.us).

PROPUESTA DE RÚBRICA DE EVALUACIÓN ACTIVIDAD 1

Actividad 1				
Criterios	Excelente	Bien	Regular	Deficiente
Activida 1	El alumno reconoce a los ecosistemas con mayor y menor porcentaje de pérdida y deterioro. (4 respuestas correctas)	El alumno reconoce a tres de los ecosistemas con mayor y/o menor porcentaje de pérdida y deterioro. (3 respuestas correctas)	El alumno reconoce a dos o uno de los ecosistemas con mayor y/o menor porcentaje de pérdida y deterioro. (1 a 2 respuestas correctas)	El alumno no reconoce los ecosistemas con mayor o menor porcentaje de pérdida y deterioro. (ninguna respuesta correcta)

PROPUESTA DE RÚBRICA DE EVALUACIÓN ACTIVIDAD 1

Actividad 2				
Criterios	Excelente	Bien	Regular	Deficiente
Actividad 2 (Información de equipo)	<p>El muro colaborativo (Padlet, Jamboard, Canva, Bubble.us) presenta información completa sobre los ecosistemas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) clasificación 2) localización 3) recursos 4) pérdida 5) importancia 	<p>El muro colaborativo (Padlet, Jamboard, Canva, Bubble.us) presenta información completa sobre los ecosistemas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) clasificación 2) localización 3) recursos 4) pérdida 5) importancia 	<p>El muro colaborativo (Padlet, Jamboard, Canva, Bubble.us) presenta información completa sobre los ecosistemas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) clasificación 2) localización 3) recursos 4) pérdida 5) importancia 	<p>El muro colaborativo (Padlet, Jamboard, Canva, Bubble.us) presenta información escasa.</p>
Actividad 2 (comentarios y opiniones)	<p>El alumno realizó 4 de las siguientes actividades:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Comentó en el panel de otro equipo 2) Realizó una participación activa 3) Realizó una participación significativa 4) La información que aportó sobre los ecosistemas es adecuada 	<p>El alumno realizó 4 de las siguientes actividades:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Comentó en el panel de otro equipo 2) Realizó una participación activa 3) Realizó una participación significativa 4) La información que aportó sobre los ecosistemas es adecuada 	<p>El alumno realizó 4 de las siguientes actividades:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Comentó en el panel de otro equipo 2) Realizó una participación activa 3) Realizó una participación significativa 4) La información que aportó sobre los ecosistemas es adecuada 	<p>El alumno no realizó ninguna de las siguientes actividades:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Comentó en el panel de otro equipo 2) Realizó una participación activa 3) Realizó una participación significativa 4) La información que aportó sobre los ecosistemas es adecuada

PROPUESTA DE RÚBRICA DE EVALUACIÓN ACTIVIDAD 3

Actividad 3				
Criterios	Excelente	Bien	Regular	Deficiente
<p>Actividad 3 (panel sobre el texto asignado)</p>	<p>El muro digital del equipo (Padlet, Jamboard, Canva, Bubble.us) fue elaborado con los siguientes puntos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Fue elaborado de manera colaborativa 2) Es visualmente atractivo 3) Presenta notas con 280 caracteres 4) Acompañadas de máximo dos imágenes. 5) Contiene un video (máx. 5 min.) 6) Aporta información sobre la importancia de los recursos naturales y el tipo de ecosistemas y en dónde se pueden encontrar 	<p>El muro digital del equipo (Padlet, Jamboard, Canva, Bubble.us) presenta 5 o 4 de las siguientes características:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Fue elaborado de manera colaborativa 2) Es visualmente atractivo 3) Presenta notas con 280 caracteres 4) Acompañadas de máximo dos imágenes 5) Contiene un video (máx. 5 min.) 6) Aporta información sobre la importancia de los recursos naturales y el tipo de ecosistemas y en dónde se pueden encontrar 	<p>El muro digital del equipo (Padlet, Jamboard, Canva, Bubble.us) presenta 3 o 1 de las siguientes características:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Fue elaborado de manera colaborativa 2) Es visualmente atractivo 3) Presenta notas con 280 caracteres 4) Acompañadas de máximo dos imágenes 5) Contiene un video (máx. 5 min.) 6) Aporta información sobre la importancia de los recursos naturales y el tipo de ecosistemas y en dónde se pueden encontrar 	<p>El trabajo del alumno en la elaboración del muro digital del equipo (Padlet, Jamboard, Canva, Bubble.us) fue escaso.</p>
<p>Actividad 3 (colaboración en los paneles)</p>	<p>El alumno realizó 4 de las siguientes actividades:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Comentó en el panel de otro equipo 2) Su participación fue activa 3) Una participación significativa 4) La información que aportó sobre la importancia de los recursos naturales y el tipo de ecosistemas y en dónde se pueden encontrar es adecuada 	<p>El alumno realizó 3 de las siguientes actividades:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Comentó en el panel de otro equipo 2) Su participación fue activa 3) Una participación significativa 4) La información que aportó sobre la importancia de los recursos naturales y el tipo de ecosistemas y en dónde se pueden encontrar es adecuada 	<p>El alumno realizó 2 de las siguientes actividades:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Comentó en el panel de otro equipo 2) Su participación fue activa 3) Una participación significativa 4) La información que aportó sobre la importancia de los recursos naturales y el tipo de ecosistemas y en dónde se pueden encontrar es adecuada 	<p>El trabajo del alumno en la elaboración del panel del equipo o comentando en el panel de otro equipo (Padlet, Jamboard, Canva, Bubble.us) fue escaso.</p>

GLOSARIO

Biodiversidad

La biodiversidad o diversidad biológica es la variedad de la vida. Este reciente concepto incluye varios niveles de la organización biológica. Abarca a la diversidad de especies de plantas, animales, hongos y microorganismos que viven en un espacio determinado, a su variabilidad genética, a los ecosistemas de los cuales forman parte estas especies y a los paisajes o regiones en donde se ubican los ecosistemas. También incluye los procesos ecológicos y evolutivos que se dan a nivel de genes, especies, ecosistemas y paisajes.

https://www.biodiversidad.gob.mx/biodiversidad/que_es

Clima

Conjunto de condiciones atmosféricas propias de un lugar, constituido por la cantidad y frecuencia de lluvias, la humedad, la temperatura, los vientos, etc., y cuya acción compleja influye en la existencia de los seres sometidos a ella.

CLIMA . (s/f). Diccionarios léxicos | Español; Diccionarios léxicos.

<https://www.lexico.com/es/definicion/clima>

Ecosistema

Comunidad de seres vivos cuyos procesos vitales se relacionan entre sí y se desarrollan en función de los factores físicos de un mismo ambiente.

(S/f). Diccionario de la Real Academia Española, RAE en

<https://dle.rae.es/ecosistema>

Gipsófila

1. adj. Bot. Dicho de una planta: Que crece en terrenos donde abunda el yeso.

2. f. Planta de la familia de las cariofiláceas, con flores pequeñas, generalmente de color rosa o blanco.

(S/f). Diccionario de la Real Academia Española, RAE.

<https://dle.rae.es/gipsófilo>

Halófila

Es una vegetación característica de los suelos salinos.

Su distribución puede ser tanto terrestre como acuática, algunas de esas comunidades acuáticas halófilas soportan salinidades superiores a las que podemos encontrar en un medio marino.

Vegetación halófila. Artículo de la Enciclopedia . (s/f). Enciclopedia.us.es.

http://enciclopedia.us.es/index.php/Vegetación_halófila

Latifoliadas

Especies de coníferas de hoja ancha, como es el caso del encino. Pueden presentar coníferas, pero éstas representan menos del 20% del total.

SEMARNAT . (s/f). Gob.mx:8443.

https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/compendio_2009/compendio_2009/10.100.8.236_8080/ibi_apps/WFServlet11ef.html

Perennifolias

[árbol, planta, arbusto] Que conserva su follaje todo el año, "la encina es un árbol perennifolio".

Oxford English Dictionary (2017). Oxford: Oxford University Press.

Petén

Zona que forma parte de la plataforma de Yucatán, una gran extensión de roca caliza del Mioceno y el Eoceno, la cual se caracteriza por una serie de pliegues y crestas bajas que corren de este a oeste, especialmente en la parte sur del territorio.

Arqueología mexicana. (2022). Arqueología y medio ambiente del Petén,

<https://arqueologiamexicana.mx/mexico-antiguo/arqueologia-y-medio-ambiente-del-peten>

Popal

Terreno bajo y pantanoso, cubierto de plantas acuáticas y tule, que se extiende sobre grandes áreas del estado de Tabasco, donde habitan peces y tortugas

popal. (s/f). Colmex.mx. <https://dem.colmex.mx/ver/popal>

Táscate

Arbusto arborescente hasta árbol corto, corpulento, perennifolio, monopódico, de 3 a 10 m (hasta 20 m) de altura, con un diámetro a la altura del pecho de 20 a 50 cm.

Juniperus deppeana Steud. (1841)
http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/27-cupre2m.pdf

Tular

Los tulares son comunidades de plantas acuáticas dominadas por monocotiledóneas de 1 a 3 m de alto, de hojas angostas o bien carentes de órganos foliares, entre el nivel del mar y los 2,750 msnm.

Moreno-Casasola, P., Cejudo-Espinosa, E., Capistrán-Barradas, A., Infante-Mata, D., López-Rosas, H., Castillo-Campos, G., Pale-Pale, J., & Campos-Cascaredo, A. (2010). Composición florística, diversidad y ecología de humedales herbáceos emergentes en la planicie costera central de Veracruz, México. Boletín de la Sociedad Botánica de México, 87, 29–50.

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0366-21282010000200003

Xerófilos

(Vegetal) Que está adaptado para vivir en lugares o ambientes secos; suele presentar modificaciones tales como raíces muy largas, parénquimas almacenadores de agua u hojas pequeñas y verdes durante todo el año.

(2017). Oxford English Dictionary (3ra ed.). Oxford: Oxford University Press.

PARA SABER MÁS

Arizmendi, M., Berlanga, H. y Pineda, M. (2014). Colibríes de México y Norteamérica. México. CONABIO/ UNAM.

Audesirk, T., Audesirk, G. y Byers. E. (2017). Biología. *La vida en la tierra con fisiología*. México. Pearson.

Martínez, M., Hernández, B. y Cuatianquiz, C. (2014). *Estación científica La Malinche. Acciones de divulgación para la conservación de los recursos naturales de un bosque templado*. México. UNAM / Universidad Autónoma de Tlaxcala.

Porrit J. (1991). *Salvemos la tierra*. México. Editorial Aguilar.

Reyes, M. et al. (2009). *Aves del Valle de México*. Proyecto INFOCAB SB700208. México. UNAM. •

Vásquez. G. (2001). *Ecología y formación ambiental*. México, McGraw Hill.

AGRADECIMIENTOS

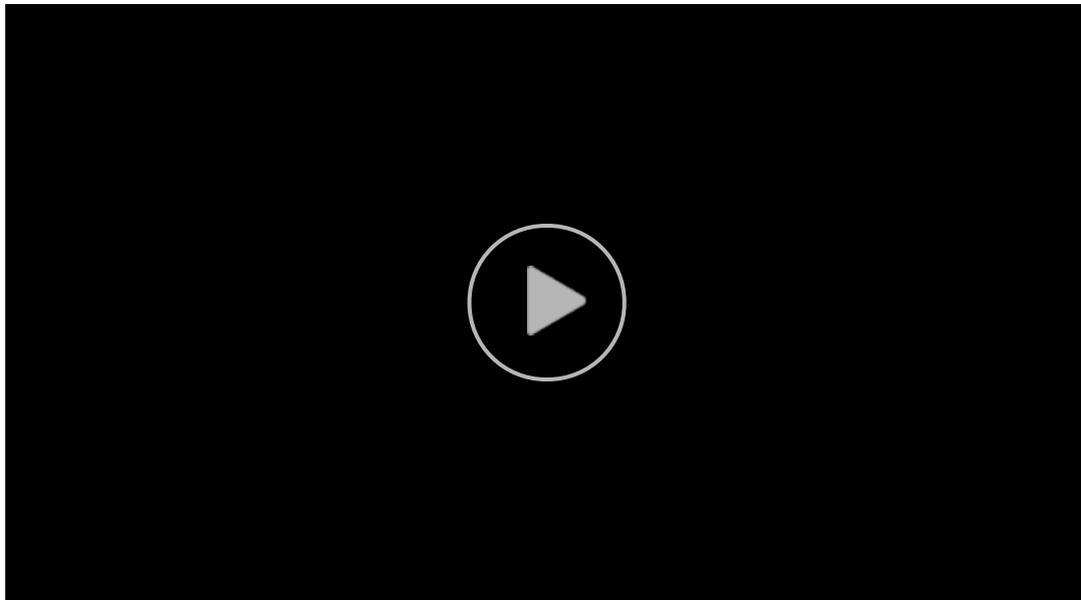
Agradecemos el apoyo de los profesores

Erika Susana Loyo Espíndola, Liliana Elizabeth Martínez Flores, María del Carmen Nava Ortiz, María de Lourdes Roque Hernández de la Escuela Nacional Preparatoria No. 2 "Erasmus Castellanos Quinto" en el diseño de esta actividad, basada en la Secuencia didáctica "Especies Invasoras y su impacto en la Biodiversidad"



SECCIÓN DE MATERIALES DIDÁCTICOS

VIDEO



CONABIO - Ecosistemas de México

Tomado de: https://www.youtube.com/watch?v=NAr27_PK0kw

Video con los Ecosistemas de México, mostrando sus tendencias históricas y actuales con mapas y fotos de la CONABIO.

Ecosistemas de México

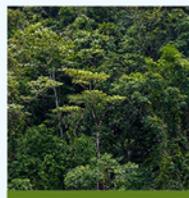
Extensión y distribución POTENCIAL (S6 INEGI, 2014)



Matorrales



Pastizales



Selvas secas



Selvas húmedas



Bosques templados



Bosques nublados

Ecosistemas de México



Extensión y distribución ACTUAL (S6 INEGI, 2014)



Matorrales



Pastizales



Selvas secas



Selvas húmedas



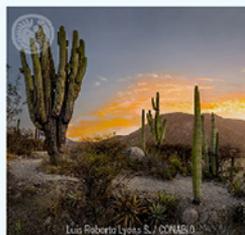
Bosques templados



Bosques nublados



Extensión y distribución POTENCIAL



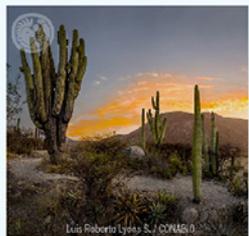
MATORRALES	Potencial	Actual (S6 INEGI, 2014)	% de pérdida
Superficie (km ²)	600,091.95	521,894.73	13.03
			% de deterioro
Conservado		473,302.17	
Deteriorado		48,592.56	9.31



Ecosistemas de México

MATORRALES

Extensión y distribución ACTUAL

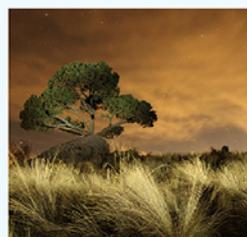


MATORRALES	Potencial	Actual (S6 INEGI, 2014)	% de pérdida
Superficie (km ²)	600,091.95	521,894.73	13.03
			% de deterioro
Conservado		473,302.17	
Deteriorado		48,592.56	9.31



Ecosistemas de México **PASTIZALES**

Extensión y distribución POTENCIAL



PASTIZALES	Potencial	Actual (S6 INEGI, 2014)	% de pérdida
Superficie (km ²)	162,789.09	97,493.19	40.11
			% de deterioro
Conservado		59,550.35	
Deteriorado		37,942.83	38.92



Ecosistemas de México **PASTIZALES**

Extensión y distribución **ACTUAL**



PASTIZALES	Potencial	Actual (S6 INEGI, 2014)	% de pérdida
Superficie (km ²)	162,789.09	97,493.19	40.11
			% de deterioro
Conservado		59,550.35	
Deteriorado		37,942.83	38.92



Ecosistemas de México

SELVAS SECAS

Extensión y distribución POTENCIAL

	SELVAS SECAS	Potencial	Actual (S6 INEGI, 2014)	% de pérdida
	Superficie (km ²)	320,827.96	201,109.58	37.32
				% de deterioro
	Conservado		68,944.44	
	Deteriorado		132,165.14	65.72



Ecosistemas de México

SELVAS SECAS

Extensión y distribución **ACTUAL**



SELVAS SECAS	Potencial	Actual (S6 INEGI, 2014)	% de pérdida
Superficie (km ²)	320,827.96	201,109.58	37.32
			% de deterioro
Conservado		68,944.44	
Deteriorado		132.165.14	65.72



Ecosistemas de México

SELVAS HÚMEDAS

Extensión y distribución POTENCIAL



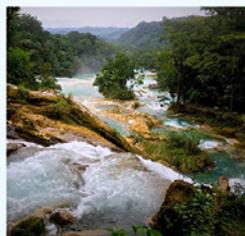
SELVAS HÚMEDAS	Potencial	Actual (S6 INEGI, 2014)	% de pérdida
Superficie (km ²)	192,552.81	98,380.87	48.9
			% de deterioro
Conservado		32,220.52	
Deteriorado		66,160.35	67.23



Ecosistemas de México

SELVAS HÚMEDAS

Extensión y distribución ACTUAL



SELVAS HÚMEDAS	Potencial	Actual (S6 INEGI, 2014)	% de pérdida
Superficie (km ²)	192,552.81	98,380.87	48.9
			% de deterioro
Conservado		32,220.52	
Deteriorado		66,160.35	67.23



Ecosistemas de México

BOSQUES TEMPLADOS

Extensión y distribución POTENCIAL



BOSQUES TEMPLADOS	Potencial	Actual (S6 INEGI, 2014)	% de pérdida
Superficie (km ²)	439,557.39	324,183.51	26.25
			% de deterioro
Conservado		198,176.93	
Deteriorado		126,006.58	38.86



Ecosistemas de México

BOSQUES TEMPLADOS

Extensión y distribución ACTUAL



BOSQUES TEMPLADOS	Potencial	Actual (S6 INEGI, 2014)	% de pérdida
Superficie (km ²)	439,557.39	324,183.51	26.25
			% de deterioro
Conservado		198,176.93	
Deteriorado		126,006.58	38.86



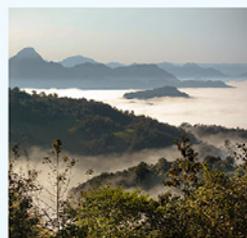
Extensión y distribución POTENCIAL



BOSQUES NUBLADOS	Potencial	Actual (S6 INEGI, 2014)	% de pérdida
Superficie (km ²)	30,882.78	17,948.78	41.88
			% de deterioro
Conservado		8,233.4	
Deteriorado		9,715.51	54.12



Extensión y distribución POTENCIAL



BOSQUES NUBLADOS	Potencial	Actual (S6 INEGI, 2014)	% de pérdida
Superficie (km ²)	30,882.78	17,948.78	41.88
			% de deterioro
Conservado		8,233.4	
Deteriorado		9,715.51	54.12

SEMARNAT

SECRETARÍA DE
MEDIO AMBIENTE
Y RECURSOS NATURALES



Informe de la Situación del

Medio Ambiente

EN MÉXICO

2015

Compendio de Estadísticas Ambientales, Indicadores Clave,
de Desempeño Ambiental y de Crecimiento Verde



Informe de la Situación del

Medio Ambiente

EN MÉXICO

2015

SEMARNAT
SECRETARÍA DE
MEDIO AMBIENTE
Y RECURSOS NATURALES



Compendio de Estadísticas Ambientales,
Indicadores Clave, de Desempeño
Ambiental y de Crecimiento Verde

INFORME DE LA SITUACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE EN MÉXICO.
COMPENDIO DE ESTADÍSTICAS AMBIENTALES.
INDICADORES CLAVE, DE DESEMPEÑO AMBIENTAL Y DE CRECIMIENTO VERDE.
EDICIÓN 2015.

DR © 2016, SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE
Y RECURSOS NATURALES

Edificio sede | Av. Ejército Nacional No. 223
Col. Anáhuac, CP. 11320
Delegación Miguel Hidalgo
Ciudad de México, México

<http://www.gob.mx/semarnat>

Impreso en México

ISBN en trámite

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

Ejemplar gratuito. Prohibida su venta



Esta publicación es parte del Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales (SNIARN) de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Su contenido y edición estuvieron a cargo de la Dirección General de Estadística e Información Ambiental.

INFORME DE LA SITUACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE EN MÉXICO e INDICADORES.

Coordinación general:	Arturo Flores Martínez César E. Rodríguez Ortega María Alejandra González Gutiérrez
Integración y edición:	Isidro Amhed Cruz Leyva Miguel Chipole Ibáñez Mayra Adriana García Cerecedo Pedro Arturo García Zamorano Teresa González Ruiz Erick René Hernández Cervantes Yasmín Esther Juárez Pastrana Jorge Rodríguez Monroy Verónica E. Solares Rojas
Diseño gráfico:	Esperanza Martínez Vargas
Desarrollo Web:	Rogelio Chávez Pérez Edder Flores Castelan

COMPENDIO DE ESTADÍSTICAS AMBIENTALES.

Coordinación general:	Georgina Alcantar López
Integración y edición:	Gabriela Carmona Huerta Gerardo Jesús Cervantes Corte Angélica Daza Zepeda Francisco García Gómez Lizzeth Guadalupe Romero de la O José Marcelo Sánchez López



El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), a través de los Proyectos PNUD-SEMARNAT “Espacios públicos de concertación social para procesos de desarrollo sustentable local” y “Construcción de ciudadanía y espacios de participación para el desarrollo sustentable” apoyó parcialmente la elaboración de esta obra, con objeto de mejorar la cantidad, calidad y accesibilidad de la información ambiental.

xii	Abreviaturas
xvii	Presentación
xix	Introducción
1	1. Población y medio ambiente
3	MÉXICO: DESARROLLO <i>VERSUS</i> DEGRADACIÓN AMBIENTAL
8	TENDENCIAS DE LA POBLACIÓN MEXICANA
15	DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LA POBLACIÓN DE MÉXICO
22	SOCIOECONOMÍA DE LA POBLACIÓN MEXICANA Y AMBIENTE
22	CONDICIÓN SOCIOECONÓMICA DE LA POBLACIÓN MEXICANA
23	EL ÍNDICE DE DESARROLLO HUMANO (IDH)
27	ÍNDICE DE POBREZA
33	INEQUIDAD EN EL INGRESO
35	DESARROLLO HUMANO, DEGRADACIÓN AMBIENTAL Y CONSUMO DE RECURSOS NATURALES
38	IMPACTO DE LAS ACTIVIDADES HUMANAS EN EL AMBIENTE: HUELLAS, COSTOS Y SALUD AMBIENTAL
38	LAS HUELLAS HUMANAS
38	La huella ecológica
42	La huella hídrica
46	La huella humana
48	COSTOS ECONÓMICOS DE LA DEGRADACIÓN AMBIENTAL
53	ENFERMEDADES ASOCIADAS A LA DEGRADACIÓN AMBIENTAL
55	ENFERMEDADES DE ORIGEN HÍDRICO
57	INFECCIONES RESPIRATORIAS AGUDAS
59	REFERENCIAS
61	2. Ecosistemas terrestres
62	LA VEGETACIÓN NATURAL Y EL USO DEL SUELO EN MÉXICO
78	CAMBIOS EN EL USO DEL SUELO
89	PROCESOS DEL CAMBIO DE USO DEL SUELO
91	DEFORESTACIÓN
98	FRAGMENTACIÓN
100	DEGRADACIÓN DE MATORRALES

103	OTRAS AMENAZAS A LOS ECOSISTEMAS TERRESTRES
103	INCENDIOS FORESTALES
105	PLAGAS Y ENFERMEDADES FORESTALES
110	FACTORES RELACIONADOS AL CAMBIO DE USO DEL SUELO
110	POBLACIÓN
110	CRECIMIENTO DE LA FRONTERA AGROPECUARIA
113	URBANIZACIÓN
114	USO DE LOS RECURSOS NATURALES DE LOS ECOSISTEMAS TERRESTRES
115	RECURSOS FORESTALES MADERABLES
116	EXISTENCIAS MADERABLES NACIONALES
121	PRODUCCIÓN FORESTAL MADERABLE
125	RECURSOS FORESTALES NO MADERABLES
128	CONSERVACIÓN Y MANEJO SUSTENTABLE DE LOS ECOSISTEMAS TERRESTRES Y SUS RECURSOS NATURALES
129	CONSERVACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS TERRESTRES Y SUS SERVICIOS AMBIENTALES
132	USO SUSTENTABLE DE LOS RECURSOS NATURALES DE LOS ECOSISTEMAS TERRESTRES
135	RECUPERACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS TERRESTRES
142	OTROS INSTRUMENTOS INDIRECTOS DE PROTECCIÓN DE LOS ECOSISTEMAS TERRESTRES
142	ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO
147	LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL
151	REFERENCIAS
153	3. Suelos
153	CLASIFICACIÓN DE SUELOS
156	SUELOS DE MÉXICO
157	AGRICULTURA Y GRUPOS DE SUELO
158	LA DEGRADACIÓN DE LOS SUELOS EN MÉXICO
166	EROSIÓN HÍDRICA
166	EROSIÓN EÓLICA
170	DEGRADACIÓN QUÍMICA
173	DEGRADACIÓN FÍSICA
174	CAUSAS DE LA DEGRADACIÓN DEL SUELO
177	LOS PROCESOS QUE LLEVAN A LA DESERTIFICACIÓN
178	CAUSAS Y CONSECUENCIAS DE LA DESERTIFICACIÓN
179	Distribución de las tierras secas
183	EXTENSIÓN DE LOS PROCESOS DE DESERTIFICACIÓN
188	CONSERVACIÓN Y RECUPERACIÓN DE SUELOS
190	REFERENCIAS

191	4. Biodiversidad
192	MÉXICO Y SU DIVERSIDAD BIOLÓGICA
201	AMENAZAS A LA BIODIVERSIDAD
202	AGRICULTURA Y GANADERÍA
205	INFRAESTRUCTURA
205	Red de caminos y carreteras
209	Presas
210	Puertos marítimos
213	ESPECIES INVASORAS
216	ESTADO DE LA BIODIVERSIDAD
219	ESPECIES EN RIESGO
227	PROTECCIÓN DE LA BIODIVERSIDAD
230	PROTECCIÓN Y CONSERVACIÓN DE ESPECIES
236	PROTECCIÓN Y CONSERVACIÓN DE ECOSISTEMAS
236	Áreas naturales protegidas (ANP)
251	Humedales Ramsar
253	Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (Uma)
255	Centros para la Conservación e Investigación de la Vida Silvestre (CIVS)
255	REFERENCIAS
259	5. Atmósfera
260	CALIDAD DEL AIRE
261	FACTORES QUE DETERMINAN LA CALIDAD DEL AIRE
261	Emisión de contaminantes
277	MONITOREO Y CALIDAD DEL AIRE
277	Redes de monitoreo existentes en el país
280	Calidad del aire en algunas ciudades
288	Acciones para mejorar la calidad del aire
291	CAMBIO CLIMÁTICO
292	EVIDENCIAS Y CONSECUENCIAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO
293	Cambios en la temperatura
297	Cambios en los patrones de precipitación
298	Incremento del nivel del mar
299	Deshielos
303	Eventos meteorológicos extremos
303	<i>Ciclones</i>
304	<i>Tornados</i>
305	<i>Sequías</i>
306	Impactos sobre la biodiversidad
308	LA CAUSA DEL CAMBIO CLIMÁTICO ANTROPOGÉNICO: INCREMENTO EN LA EMISIÓN Y CONCENTRACIÓN DE LOS GEI
308	Emisiones globales
311	Emisiones nacionales
320	Los gases de efecto invernadero en la atmósfera

322	IMPACTOS POTENCIALES DEL CAMBIO CLIMÁTICO
322	Escenarios globales y en México
327	Impactos previstos a nivel global
327	<i>Recursos hídricos</i>
327	<i>Biodiversidad</i>
228	Impactos sobre las poblaciones humanas
230	Impactos del cambio climático proyectados para México
331	<i>Recursos hídricos</i>
334	ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO
238	Esfuerzos nacionales contra el cambio climático
350	OZONO
350	EL AGUJERO DE OZONO
352	CONCENTRACIÓN DE OZONO ESTRATOSFÉRICO
353	CONSUMO Y CONCENTRACIÓN DE SUSTANCIAS AGOTADORAS DE OZONO (SAO)
355	ACUERDOS Y ACCIONES PARA LA PROTECCIÓN DE LA CAPA DE OZONO

359 REFERENCIAS

363 6. Agua

363	DISPONIBILIDAD DEL AGUA
363	RESERVAS DE AGUA DULCE EN EL MUNDO
364	BALANCE HÍDRICO NACIONAL
370	DISPONIBILIDAD NATURAL MEDIA
371	ALMACENAMIENTO EN PRESAS
373	USOS CONSUNTIVOS DEL AGUA
380	El agua en la agricultura
384	Abastecimiento público
386	Uso industrial del agua
387	GRADO DE PRESIÓN E INTENSIDAD DE USO
388	Aprovechamiento de las aguas superficiales y subterráneas
390	Acuíferos sobreexplotados y en otras condiciones
391	CALIDAD DEL AGUA
392	DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES
395	RED DE MONITOREO E INDICADORES DE LA CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL: DBO ₅ , DQO Y SST
395	Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)
397	Demanda química de oxígeno (DQO)
399	Sólidos suspendidos totales (SST)
400	Calidad bacteriológica del agua de mar en playas
402	SERVICIOS BÁSICOS RELACIONADOS CON EL AGUA
402	Agua potable
408	Plantas potabilizadoras
410	Alcantarillado
414	Tratamiento de aguas residuales
416	Plantas de tratamiento de aguas residuales

- 418 **SERVICIOS AMBIENTALES DE LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS**
- 418 PESCA
- 422 Estado de las pesquerías
- 425 Otros impactos de la pesca

427 **REFERENCIAS**

431 **7. Residuos**

431 **RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS**

- 434 GENERACIÓN
- 439 MANEJO Y DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS
- 439 Recolección
- 443 Reciclaje
- 444 Disposición final

447 **RESIDUOS DE MANEJO ESPECIAL**

448 **RESIDUOS PELIGROSOS**

- 449 GENERACIÓN
- 454 MOVIMIENTO TRANSFRONTERIZO
- 456 MANEJO
- 457 MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS BIOLÓGICO-INFECCIOSOS

459 **GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS, DE MANEJO ESPECIAL Y PELIGROSOS**

462 **RIESGO AMBIENTAL**

- 465 PROGRAMAS PARA LA PREVENCIÓN DE ACCIDENTES

466 **SITIOS CONTAMINADOS**

- 467 EMERGENCIAS AMBIENTALES
- 469 PASIVOS AMBIENTALES

470 **REFERENCIAS**

Pag.	1. POBLACION Y MEDIO AMBIENTE
2	Los Objetivos de Desarrollo Sostenible
4	Los límites planetarios
10	Tendencias de la población mundial
24	El desarrollo humano en el mundo
29	La pobreza en el mundo
Pag.	2. ECOSISTEMAS TERRESTRES
64	La vegetación de México
68	Los ecosistemas terrestres, tipos de vegetación y el uso del suelo
74	Integridad Ecosistémica en México
80	La vegetación natural y el crecimiento carretero
82	Deforestación y emisiones de GEI
144	Ordenamientos ecológicos marinos
Pag.	3. SUELOS
154	Los servicios ambientales del suelo
159	Unidades principales de suelo en México
Pag.	4. BIODIVERSIDAD
214	La invasión del pez diablo
220	Una especie en peligro de extinción: la vaquita marina
223	La amenaza de la quitridiomycosis
228	La Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza
242	La huella humana en las áreas naturales protegidas federales
245	El arrecife mesoamericano
Pag.	5. ATMÓSFERA
262	Emisiones en la Zona Metropolitana del Valle de México
275	El carbono negro y la salud
314	Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero en México
317	La importancia del carbono negro en el calentamiento global
337	La COP21 y el Acuerdo de París
341	El iNDC de México y la mitigación global de emisiones en el periodo 2020-2030 según los iNDC recibidos por el CMNUCC
347	El impuesto al carbono en México
Pag.	6. AGUA
382	Agua virtual en México
Pag.	7. RESIDUOS
432	Consecuencias ambientales y en la salud de la disposición inadecuada de los residuos sólidos urbanos
460	Regulación ambiental para el manejo de los residuos en el país

Abreviaturas

µg/m³	Microgramo por metro cúbico	CH₄	Metano
AAR	Actividad altamente riesgosa	CICC	Comisión Intersecretarial de Cambio Climático
ADVC	Áreas destinadas voluntariamente a la conservación	CIESIN	Center for International Earth Sciences Information Network
AMP	Áreas Marinas Protegidas	CITES	Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres)
AMM	Área Metropolitana de Monterrey	CIVS	Centros para la conservación e investigación de la vida silvestre
ANP	Áreas Naturales Protegidas	CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático
APF	Administración Pública Federal	CN	Carbono negro
APFyF	Áreas de protección de flora y fauna	CNGMD	Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales
APRN	Áreas de protección de los recursos naturales	CO	Monóxido de carbono
Aquastat	Sistema de Información sobre el Uso del Agua en la agricultura - FAO	CO₂	Bióxido de carbono
ASSOD	Soil Degradation in South and Southeast Asia (Evaluación de la degradación del suelo en el sur y sudeste de Asia)	CO_{2e}	Bióxido de carbono equivalente
Badesniarn	Base de Datos Estadísticos del Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales	Cofepris	Comisión Federal para la Protección Contra Riesgos Sanitarios
BAU	<i>Business as usual</i> (Tendencia actual)	CMP	Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes al Protocolo de Kyoto
BID	Banco Interamericano de Desarrollo	CNA	Comisión Nacional del Agua
BM	Bromuro de metilo	Conabio	Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad
BUR	Biennial Update Reports (Informe Bienal de Actualización)	Conafor	Comisión Nacional Forestal
CAS	Chemical Abstracts Service	Conagua	Comisión Nacional del Agua
CCA	Comisión para la Cooperación Ambiental	Conanp	Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas
CCVC	Compuestos climáticos de vida corta	Conapesca	Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca
CDB	Convenio sobre la Diversidad Biológica	Conapo	Consejo Nacional de Población
CDIAC	Carbon Dioxide Information Analysis Center (Centro de Análisis de Información de Dióxido de Carbono)	Coneval	Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social
Cenapred	Centro Nacional de Prevención de Desastres	COP	Conferencia de las Partes
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe.		
CESPEDES	Comisión de Estudios del Sector Privado para el Desarrollo Sustentable		
CFC	Clorofluorocarbonos		

Cotecoca	Comisión Técnico Consultiva de Coeficientes de Agostadero	GPRH	Grado de presión sobre el recurso hídrico
COV	Compuestos orgánicos volátiles	Gt	Gigatoneladas
CP	Colegio de Postgraduados	H₂S	Ácido sulfhídrico
CRETIB	Corrosivo, reactivo, explosivo, tóxico, inflamable y biológico-infeccioso	HC	Hidrocarburos
DBO	Demanda bioquímica de oxígeno	HCFC	Hidroclorofluorocarbonos
DBO₅	Demanda bioquímica de oxígeno a cinco días	HFC	Hidrofluorocarbonos
DGE	Dirección General de Epidemiología	IDH	Índice de Desarrollo Humano
DGGIMAR	Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas	ICOLD	International Commission on Large Dams (Comité de Grandes Presas)
DGPAIRS	Dirección General de Política Ambiental e Integración Regional y Sectorial	IEA	International Energy Agency (Agencia Internacional de Energía)
DGPPE	Dirección General de Planeación, Programación y Evaluación	IMTA	Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
DGVS	Dirección General de Vida Silvestre	IMT	Instituto Mexicano del Transporte
DMM	Distrito Minero de Molango	INAH	Instituto Nacional de Antropología e Historia
DOF	Diario Oficial de la Federación	INDC	Intended Nationally Determined Contributions
DQO	Demanda química de oxígeno	INE	Instituto Nacional de Ecología
EA	Emergencia ambiental	INECC	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático
EIA	Evaluación de Impacto Ambiental	INEGEI	Inventario Nacional de Emisiones y Gases de Efecto Invernadero
EMA	Estaciones de monitoreo automático	INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
ENACC	Estrategia Nacional de Cambio Climático	INEM	Inventario Nacional de Emisiones de México
ENBioMEX	Estrategia Nacional Sobre Biodiversidad de México	INFyS	Inventario Nacional Forestal y de Suelos
ENOS	El Niño-Oscilación del Sur	IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático)
ERA	Estudio de Riesgo Ambiental	ISA	Índice de Salud Arrecifal
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación)	ISRIC	International Soil Reference and Information Centre (Centro Internacional de Información y Referencia de Suelos)
FRA	Forest Resources Assessment	IUCN	International Union for Conservation of Nature (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza)
GDF	Gobierno del Distrito Federal	IUSS	International Union of Soil Sciences (Asociación Internacional de Ciencias del Suelo)
GEI	Gases de efecto invernadero	LGCC	Ley General de Cambio Climático
GEM	Gobierno del estado de México	LGDS	Ley General de Desarrollo Social
GEO	Global Environment Outlook (Perspectivas del Medio Ambiente Mundial)		
Gg	Gigagramos		
GLASOD	Global Assessment of Soil Degradation (Evaluación Global de la Degradación del Suelo)		

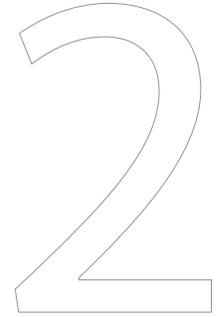
LGEEPA	Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente	OEMGC	Ordenamiento Ecológico Marino del Golfo de California
LGPGIR	Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos	OET	Ordenamiento Ecológico del Territorio
LGVS	Ley General de Vida Silvestre	OLDEPESCA	Organización Latinoamericana de Desarrollo Pesquero
MAB	Man and the Biosphere Programme (Programa El Hombre y la Biosfera)	OMS	Organización Mundial de la Salud
mae	Metros de agua equivalente	ONG	Organización no gubernamental
MCF	Metilcloroformo	ONU	Organización de las Naciones Unidas
MEA	Millennium Ecosystem Assessment (Evaluación de los Ecosistemas del Milenio)	PACE	Programas de Acción para la Conservación de Especies
MIA	Manifestación de impacto ambiental	PEACC	Programas Estatales de Acción ante el Cambio Climático
MN	Monumentos naturales	PET	Polyethylene terephthalate (tereftalato de polietileno)
Mt	Tonelada métrica	Pb	Plomo
Mt de CO₂e	Metric Tonne Carbon Dioxide Equivalent (tonelada métrica equivalente a bióxido de carbono)	PECC	Programa Especial de Cambio Climático
N₂O	Óxido nitroso	PEMEX	Petróleos Mexicanos
NAMO	Nivel de aguas máximas ordinarias	PFC	Perfluorocarbonos
NASA	National Aeronautics and Space Administration (Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio)	PFNM	Productos forestales no maderables
NH₃	Amoníaco	PGR	Procuraduría General de la República
NH₄	Amonio	PGRP	Padrón de Generadores de Residuos Peligrosos
NO₂	Bióxido de nitrógeno	pH	Potencial de hidrógeno
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration (Administración Nacional Oceánica y Atmosférica)	PIB	Producto Interno Bruto
NOM	Norma Oficial Mexicana	PM₁₀	Partículas menores a 10 micrómetros
NOx	Óxidos de nitrógeno	PM_{2.5}	Partículas menores a 2.5 micrómetros
NSIDC	National Snow and Ice Data Center (Centro Nacional de Datos de Nieve y Hielo)	PN	Parques Nacionales
O₃	Ozono	PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos	PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
ODM	Objetivos de Desarrollo del Milenio	PNUMA-GEMS	Global Environment Monitoring System – Water (Sistema Mundial de Vigilancia del Medio Ambiente – Agua)
OECD	Organization for Economic Cooperation and Development	POEGT	Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio
OEGT	Ordenamiento Ecológico General del Territorio	PPA	Programas para la Prevención de Accidentes
		ppm	Partes por millón
		ppmm	Partes por mil millones
		PREP	Proyectos de Conservación y Recuperación de Especies Prioritarias

Procer	Programa de Conservación de Especies en Riesgo	SAO	Sustancias agotadoras de la capa de ozono
Procoref	Programa de Conservación y Restauración de Ecosistemas Forestales	SARH	Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos
Procymaf	Programa de Desarrollo Forestal Comunitario	SCBD	Secretariat of the Convention on Biological Diversity (Secretariado del Convenio sobre la Diversidad Biológica)
Prodefor	Programa para el Desarrollo Forestal	SCT	Secretaría de Comunicaciones y Transportes
Prodeplan	Programa de Desarrollo de Plantaciones Forestales Comerciales	SE	Secretaría de Economía
Profepa	Procuraduría Federal de Protección al Ambiente	Sedatu	Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano
Pronafor	Programa Nacional Forestal	Sedesol	Secretaría de Desarrollo Social
Pronare	Programa Nacional de Reforestación	Segob	Secretaría de Gobernación
PSA	Pago por Servicios Ambientales	Semar	Secretaría de Marina
PSA-CABSA	Programa de Servicios Ambientales por Captura de Carbono, Conservación de la Biodiversidad y Sistemas Agroforestales	Semarnap	Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca
PSAH	Programa de Servicios Ambientales Hidrológicos	Semarnat	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
RANP	Red Nacional de Sistemas Estatales de Áreas Naturales Protegidas	SF₆	Hexafluoruro de azufre
RB	Reservas de la Biosfera	SHCP	Secretaría de Hacienda y Crédito Público
RCP	Representative concentration pathways (trayectorias de concentración representativas)	Siacon	Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta
REDD+	Reducing emissions from deforestation and forest degradation (Reducción de emisiones por deforestación y degradación forestal)	SIEIM	Sistema de Información sobre Especies Invasoras en México
REIA	Reglamento en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental	Simat	Sistema de Monitoreo Atmosférico
REPDA	Registro Público de Derechos de Agua	SINA	Sistema Nacional de Información del Agua
RHA	Regiones Hidrológico-Administrativas	SINAC	Sistema Nacional de Cambio Climático
RME	Residuos de manejo especial	SINEA	Subsistema del Inventario Nacional de Emisiones a la Atmósfera de México
RNM	Red Nacional de Monitoreo	Sisco	Sistema Informático de Sitios Contaminados
RP	Residuos peligrosos	SISSAO	Sistema de Información y Seguimiento de Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono
RP-BI	Residuos peligrosos biológico-infecciosos	SNIARN	Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales
RSM	Residuos sólidos municipales	SO₂	Bióxido de azufre
RSU	Residuos sólidos urbanos	SO_x	Óxidos de azufre
S	Santuarios	SSA	Secretaría de Salud
Sagarpa	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación	SST	Sólidos Suspendidos Totales
		Suma	Sistema de Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre

TCC	Tetracloruro de carbono	USCUSS	Uso del Suelo, Cambio de Uso del Suelo y Silvicultura
tCO₂	Tonnes of CO ₂ (toneladas de dióxido de carbono)	UV	Ultravioleta
tCO₂e	Tonnes of CO ₂ equivalent (toneladas equivalentes de dióxido de carbono)	WEF	The World Economic Forum (Foro Económico Mundial)
TCC	Tetracloruro de carbono	WBCSD	World Business Council for Sustainable Development (Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sustentable)
UACH	Universidad Autónoma Chapingo	WGMS	World Glacier Monitoring Service (Servicio de Monitoreo Global de los Glaciares)
UBA	Ultra bajo azufre	WHO	World Health Organization (Organización Mundial de la Salud)
UD	Unidades Dobson	Wm²	Watt por metro cuadrado
Uma	Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre	WMO	World Meteorological Organization (Organización Meteorológica Mundial)
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México	WRB	World Reference Base for Soil Resources (Base Referencial Mundial del Recurso Suelo)
UNCCD	United Nations Convention to Combat Desertification (Convención de las Naciones Unidas para la Lucha contra la Desertificación)	WRI	World Resources Institute (Instituto de Recursos Mundiales)
UNDP	United Nations Development Program (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo)	WWAP	World Water Assessment Programme (Programa Mundial de Evaluación del Agua)
UNEP	United Nations Environment Programme (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente)	WWF	World Wildlife Fund (Fondo Mundial para la Naturaleza)
UNESCO	United Nations Educational Scientific and Cultural Organization (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura)	ZMG	Zona Metropolitana de Guadalajara
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change (Convención de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático)	ZML	Zona Metropolitana de León
UN-HABITAT	United Nations Human Settlements Programme (Programa de Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos)	ZMO	Zona Metropolitana de Oaxaca
UNICEF	United Nations Children's Fund (Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia)	ZMQ	Zona Metropolitana de Querétaro
		ZMSLP	Zona Metropolitana de San Luis Potosí
		ZMT	Zona Metropolitana de Tijuana
		ZMVM	Zona Metropolitana del Valle de México
		ZMVT	Zona Metropolitana del Valle de Toluca



Ecosistemas terrestres



La ubicación geográfica de México, su variedad de climas, topografía e historia geológica han producido una gran diversidad biológica. Esta diversidad se muestra en la riqueza de especies de flora y fauna, y la diversidad genética que los acompaña, que integran a una gran variedad de comunidades en el territorio continental e insular. Estas comunidades van desde la pradera de alta montaña, hasta las dunas costeras y los humedales, pasando por bosques templados, bosques mesófilos de montaña, selvas, matorrales xerófilos y pastizales naturales.

Los ecosistemas en general, y los terrestres en particular, han sido el sustento de las poblaciones humanas desde los inicios de su historia, y las han provisto de bienes como alimentos (carnes, frutas, verduras y aceites), 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 evidentes pero sí vitales para el desarrollo de cualquier sociedad humana - como son la purificación del aire y agua, la generación y conservación de los suelos, la descomposición y reciclaje de los desechos, el movimiento de nutrimentos, la protección del suelo ante la erosión por viento y agua, la regulación del clima y el amortiguamiento de los efectos de eventos meteorológicos extremos, entre otros.

El crecimiento y la expansión de la población humana durante el siglo XX, acompañada por el desarrollo industrial y urbano, trajeron consigo la mayor transformación de los ecosistemas terrestres por causa del humano. De acuerdo con el *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. Los cambios fueron principalmente a favor de zonas de cultivos y pastizales para ganadería, o bien para el establecimiento y desarrollo de poblados, ciudades y de infraestructura en vías de comunicación, tendido eléctrico y almacenamiento de productos, entre otros.

México, debido a diferentes fenómenos sociales y económicos, ha sufrido de 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. Los ecosistemas que aún persisten muestran, en mayor o menor medida, signos de alteración. 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. También se ha incluido una sección con los aspectos relacionados a su uso, en particular, lo referente a la explotación de productos forestales maderables y no maderables. El capítulo finaliza con una sección que describe algunas de las políticas públicas dirigidas hacia la conservación de la cubierta vegetal natural remanente, así como las dirigidas hacia 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 V (escala 1: 250 000), elaborada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Esta carta describe 69 usos del suelo existente en el año 2011. Para facilitar su análisis, los diferentes usos han sido agrupados siguiendo diversos criterios, que van desde los que consideran la composición florística-fisonómica del sitio, hasta los que eligen su utilidad para algún sector particular. En la presente obra se agrupó o clasificó a la vegetación siguiendo el criterio fisonómico, como se muestra en la Tabla 2.1. Para más detalle de los principales tipos de vegetación natural ver recuadro [La Vegetación de México](#).

Tabla 2.1 | *Uso del suelo y vegetación en México*

<i>Formación vegetal/Uso del suelo</i>	<i>Tipo de vegetación/Cobertura</i>	<i>Superficie (ha)</i>	
Bosque mesófilo de montaña	Bosque mesófilo de montaña	1 853 453	
	Bosque de ayarín	40 041	
	Bosque de cedro	2 446	
	Bosque de encino	11 190 254	
	Bosque de encino-pino	4 305 124	
	Bosque templado	Bosque de oyamel	149 458
		Bosque de pino	7 601 900
		Bosque de pino-encino	8 640 138
		Bosque de tascate	338 805
		Matorral de coníferas	262
Selva húmeda	Selva alta perennifolia	3 259 372	
	Selva alta subperennifolia	169 067	
	Selva baja perennifolia	41 738	
	Selva baja subperennifolia	99 747	
	Selva mediana subperennifolia	5 597 430	
	Selva mediana perennifolia	636	
Selva subhúmeda	Matorral subtropical	1 297 855	
	Selva baja caducifolia	14 217 361	
	Selva baja subcaducifolia	50 002	
	Selva mediana caducifolia	1 057 673	
	Selva mediana subcaducifolia	4 194 904	
	Selva baja espinosa caducifolia	639 528	
	Selva baja espinosa subperennifolia	1 088 154	
Manglar	Manglar	939 584	

Tabla 2.1 | Uso del suelo y vegetación en México (conclusión)

Formación vegetal/Usos del suelo	Tipo de vegetación/Cobertura	Superficie (ha)
Matorral xerófilo	Matorral crasicale	1 519 615
	Matorral desértico micrófilo	21 231 172
	Matorral desértico rosetófilo	10 669 420
	Matorral espinoso tamaulipeco	3 308 451
	Matorral rosetófilo costero	447 071
	Matorral sarcocale	5 256 483
	Matorral sarcocrasicaule	2 301 213
	Matorral sarcocrasicaule de neblina	566 002
	Matorral submontano	2 701 964
	Vegetación de desiertos arenosos	2 152 645
Otra vegetación hidrófila	Vegetación de galería	150 175
	Popal	141 901
	Tular	918 607
	Bosque de galería	23 055
	Selva de galería	5 387
	Petén	46 082
Pastizal natural	Vegetación halófila hidrófila	366 043
	Pastizal natural	9 777 038
Vegetación halófila y gipsófila	Pradera de alta montaña	16 505
	Pastizal gipsófilo	40 559
	Pastizal halófilo	1 839 970
	Vegetación gipsófila	45 402
Otros tipos de vegetación	Vegetación halófila	2 572 069
	Área sin vegetación aparente	970 568
	Chaparral	2 085 219
	Mezquital	2 335 236
	Bosque de mezquite	287 723
	Mezquital tropical	147 616
	Palmar	19 177
	Sabana	183 679
	Vegetación de dunas costeras	151 017
	Palmar inducido	96 359
Pastizal inducido o cultivado	Pastizal cultivado	12 947 496
	Pastizal inducido	6 034 458
	Sabanoide	125 943
Plantación forestal	Bosque cultivado	59 546
	Bosque inducido	4 717
Zonas urbanas o desprovistas de vegetación	Zona Urbana	1 180 805
	Asentamientos humanos	664 458
	Área desprovista de vegetación	38 621
Agricultura	De temporal, riego y humedad	32 702 129
Cuerpos de agua	Cuerpos de agua	1 430 939
Total		194 337 465

Nota:

¹ La superficie total del territorio nacional es de 196 437 500 hectáreas (INEGI, 2013). Durante el procesamiento de los datos, la Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie V se ajustó en su línea de costa, de aquí la diferencia entre el total registrado en esta tabla y el total nacional.

Fuente:

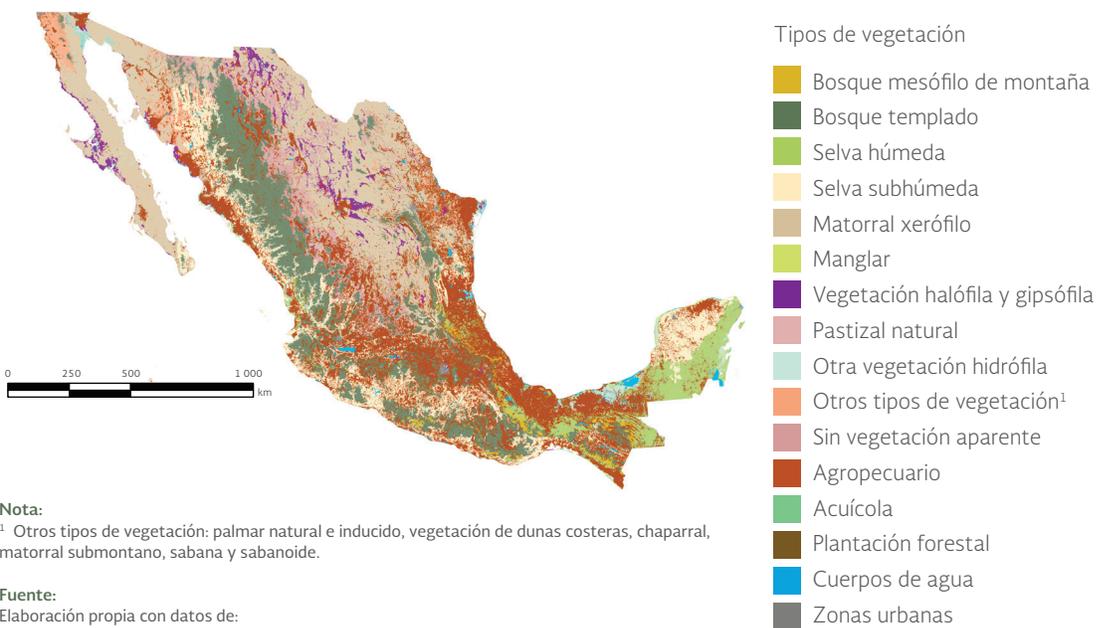
Elaboración propia con datos de:

INEGI. Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie V (2011), escala 1:250 000. INEGI. México. 2013.

Recuadro | La vegetación de México

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, sarcocaulo, 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 sarcocaulo, entre otros). En esta publicación, con base en el criterio fisonómico, los tipos de vegetación se han agrupado en las siguientes categorías (Mapa a):

Mapa a. | Vegetación y uso del suelo en México, 2011



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 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*) y los oyameles (*Abies*); también son importantes los enebros (*Juniperus*), el ayarín (*Pseudotsuga*) y los cedros (*Cupressus*). 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*), 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*) o el cedro rojo (*Cedrela*); 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*), pochotes (*Ceiba*) 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 otros), 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.

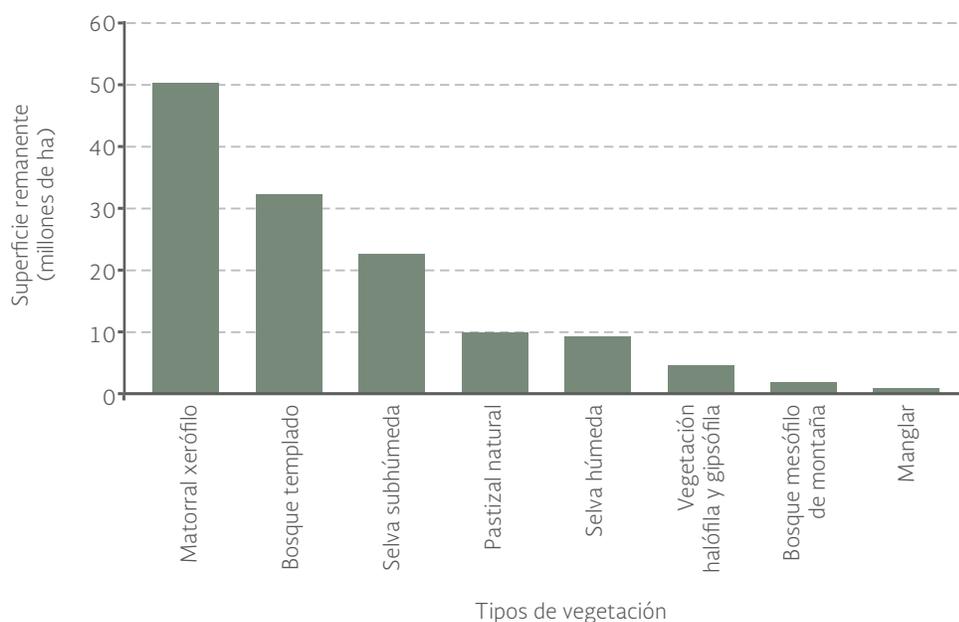
Pastizal natural: vegetación dominada por plantas del estrato herbáceo, principalmente gramíneas (pastos, zacates o graminoides) que se encuentra en cualquier clima, pero principalmente en las regiones semiáridas del norte y en las partes más altas de las montañas (por arriba de los cuatro mil metros). 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 las familias *Poaceae* y *Chenopodiaceae*), 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 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 a).

Figura a | Vegetación natural remanente en México, 2011



Fuente:

Elaboración propia con datos de:
INEGI. *Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie V (2011)*, escala 1:250 000. México, 2013.

Referencia:

Modificado de:

Semarnat. *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales 2012*. Semarnat. México, 2013.

De acuerdo con la Carta de Uso del Suelo y Vegetación, en el 2011 el 71.7% del país (casi 140 millones de ha) estaba cubierto por comunidades vegetales naturales; la superficie restante, poco más de 55 millones de hectáreas (alrededor del 28% del territorio) había sido transformada a terrenos agropecuarios, áreas urbanas y otros usos del suelo antrópicos (para más detalles sobre la diferencia entre uso del suelo y ecosistemas ver el recuadro **Los ecosistemas terrestres, tipos de vegetación y el uso del suelo**). En 2011 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 natural (primaria y secundaria) fueron Baja California Sur (93%), Quintana Roo (92%), Coahuila (92%), Baja California (90%), Chihuahua (88%) y Durango (86%; Mapa 2.1).

Recuadro

Los ecosistemas terrestres, tipos de vegetación y el uso del suelo

En varios medios de divulgación, formal y no formal, se ha vuelto costumbre utilizar de forma indistinta los conceptos de ecosistemas y comunidades, también es común que se utilice el concepto de cobertura vegetal como un sinónimo de uso del suelo.

Los conceptos, antes mencionados, están relacionados entre sí y en algunos casos son equivalentes, la diferencia estriba en cómo y cuándo se utilizan. El primer paso para el uso correcto de esos conceptos, es saber qué significan.

Comunidades y ecosistemas

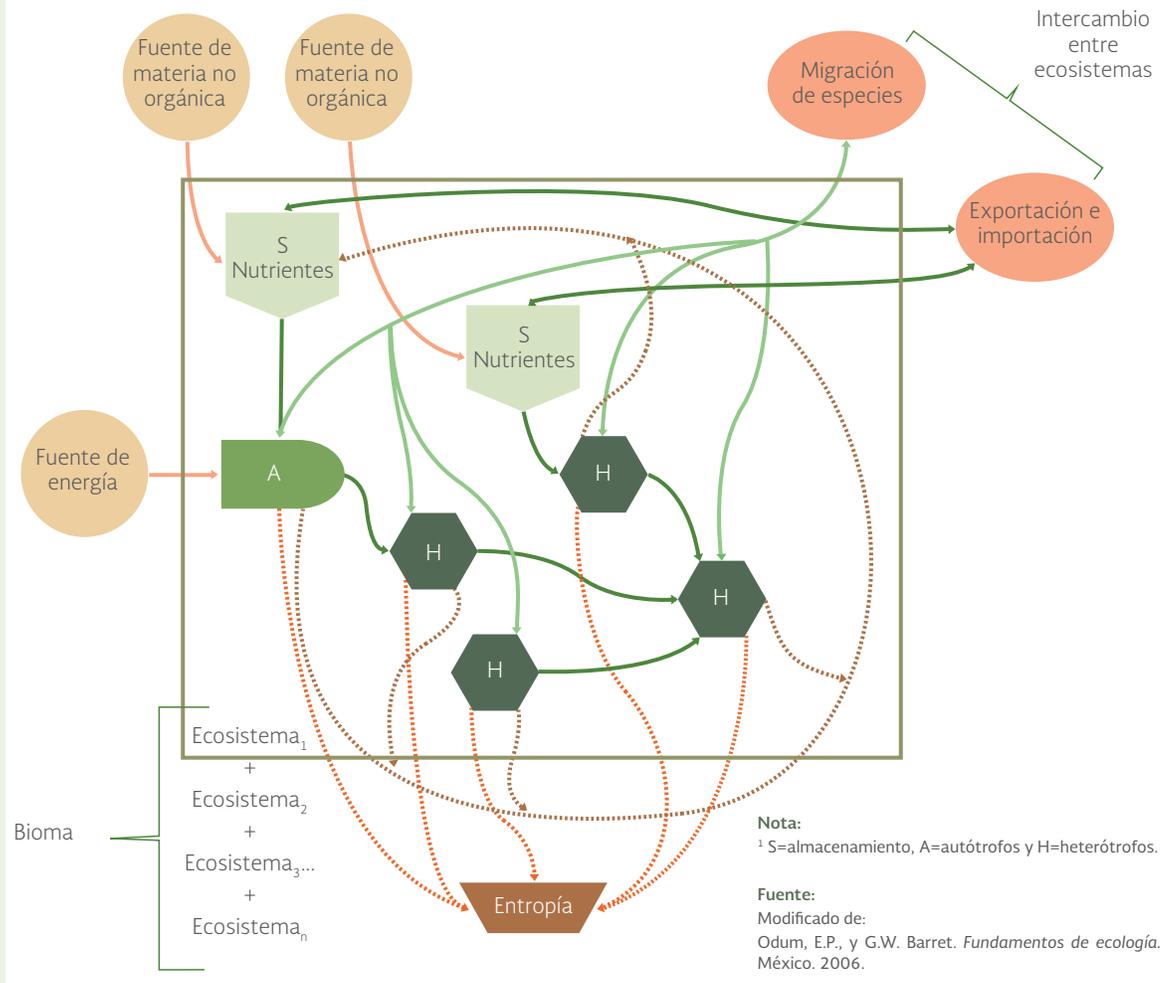
De acuerdo a Begon *et al.* (2006) en la naturaleza, en cualquier medio ambiente no vivo, se pueden encontrar ensambles de diferentes seres vivos haciendo diferentes cosas. Al medio ambiente no vivo también se le denomina componente abiótico o biotopo y a los seres vivos o especies se les nombra componente biótico o biocenosis.

La biocenosis es un ensamble de poblaciones integradas por diferentes especies, en donde cada población posee características únicas en cuanto a densidad, natalidad, mortalidad, distribución de sexos y edades, entre otras. Al conjunto de poblaciones que interactúan y se interrelacionan entre sí se le denomina comunidad. La estructura de una comunidad - que se debe en parte a las características de cada población - puede ser estudiada o comprendida a través de algunos parámetros como la abundancia, la riqueza y la diversidad de especies. Estos parámetros, también estructurales, pueden variar en el espacio y el tiempo, debido a fenómenos naturales (disturbios y perturbaciones) como las plagas y enfermedades, los incendios forestales, cambios en el clima o el proceso de sucesión ecológica, entre otros.

El concepto de comunidad puede ser un término equivalente a ecosistema si además de tomar en cuenta elementos estructurales, también considera a las redes de interrelación e interacción entre la biocenosis y el biotopo, o lo que es lo mismo, al flujo de materia y energía dentro del sistema. Este flujo, también denominado función del sistema, se refiere al reciclado de materiales, el establecimiento de cadenas tróficas, la producción primaria, la producción secundaria, la captura de carbono, la tasa de descomposición de la materia orgánica, la competencia y el mutualismo, entre otros.

En resumen, el concepto de comunidad se refiere a la estructura del sistema y al comportamiento del ensamble de poblaciones; mientras que el concepto de ecosistema, además de considerar la estructura y comportamiento, también considera al flujo de materia y energía (función del sistema); todo sucediendo en un lugar y en un tiempo determinado (Figura a).

Figura a | Modelo de un ecosistema¹



Los tipos de vegetación

El concepto de ecosistema hace referencia al tiempo y al espacio. El tiempo es un parámetro relativamente fácil de medir, pero no así el espacio. Es difícil establecer o definir los límites de un ecosistema (Begon *et al.*, 2006). Los ecosistemas son ensambles de múltiples especies que ocupan espacios con fronteras difusas, por lo que es casi imposible definir donde empieza un sistema y termina otro (Jorgensen y Muller, 2000). Estas fronteras difusas o zonas de transición entre ecosistemas y comunidades también se les denomina ecotonos, éstos pueden incluso alojar más especies que los mismos sistemas a los cuales bordean (el llamado “efecto borde”).

Una forma de establecer límites entre ecosistemas es utilizar algún elemento representativo de la estructura o función del sistema (Jorgensen y Muller, 2000), por lo general se utiliza como modelo a los productores primarios y a sus grupos de especies más importantes (Zarco-Espinosa *et al.*,

2010). En el medio ambiente terrestre son los ensambles de poblaciones de plantas o comunidades vegetales los que ayudan a definir los distintos ecosistemas terrestres (Cervantes-Núñez, 2015) y en un nivel superior - dando mayor importancia al clima - a los biomas o ecorregiones terrestres (Challenger y Soberón, 2008).

Con base en lo anterior y utilizando los trabajos de Miranda y Hernández (1963) y Rzedowski (1978, 2006), el Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI) organizó, de forma jerárquica, los diferentes ecosistemas terrestres. En primer orden los grupos grandes de vegetación o formaciones vegetales (ecosistemas vegetales) y en segundo orden a las comunidades o agrupaciones vegetales con afinidades ecológicas, florísticas y fisonómicas (tipos de vegetación).

Los ecosistemas terrestres de México se pueden agrupar en 10 sistemas: bosques, selvas, matorrales, manglar, otra vegetación hidrófila, otros tipos de vegetación, pastizal natural, vegetación halófila y gipsófila. Los bosque y selvas, a su vez, se pueden dividir en bosque templado, bosque mesófilo de montaña, selva subhúmeda y selva húmeda. En cuanto a los tipos de vegetación o comunidades vegetales, la Carta de Uso del Suelo y Vegetación de INEGI (2013) considera 59 tipos, los cuales son retomados en este Informe.

Los usos del suelo

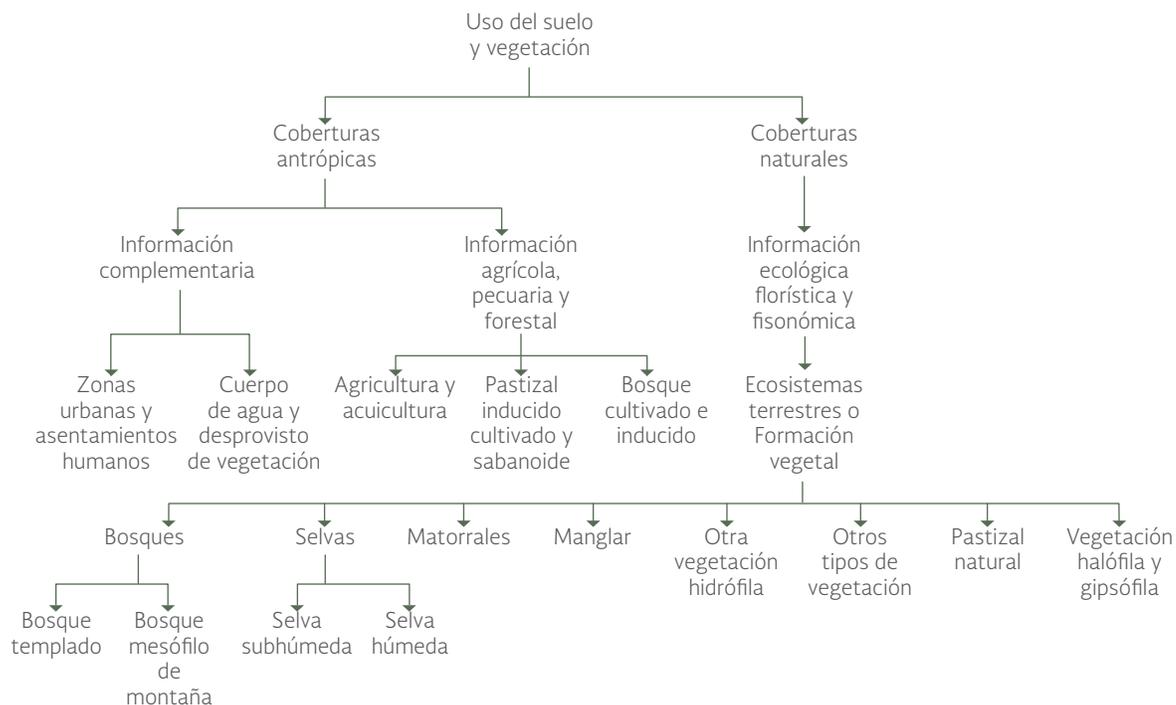
De acuerdo a Gregorio y Jansen (1998) el uso del suelo “se caracteriza por los arreglos, las actividades y los insumos de la población para producir, cambiar o mantener un cierto tipo de cobertura de la tierra”; “el uso del suelo depende de la interacción que se establece entre la cobertura de la tierra y las acciones de la población en su ambiente”.

El uso del suelo, entonces, incluye a los ecosistemas con su vegetación natural y su fauna, a la superficie hidrológica, los campos agropecuarios, las poblaciones humanas y su infraestructura urbana, los vestigios arqueológicos, los puertos y las presas, entre otras coberturas que han sido conservadas y/o modificadas por la actividad humana pasada y presente (FAO y UNEP, 2000).

En esta obra, el uso del suelo y vegetación fue agrupado – de acuerdo a sus afinidades y/o similitudes - en dos categorías: 1) Coberturas naturales y 2) coberturas antrópicas. La vegetación natural sería el equivalente al grupo “Información ecológica, florística y fisonómica” de la Carta de Uso del Suelo 2011 (INEGI, 2013) y coberturas antrópicas incluiría elementos de los grupos “Información agrícola, pecuaria y forestal” e “Información complementaria” de la misma Serie.

En resumen, los usos del suelo y vegetación incluyen a los sistemas antrópicos y a los ecosistemas terrestres, estos últimos contienen a los tipos de vegetación o comunidades vegetales, tal como se muestra en la figura b.

Figura b | Relación jerárquica de los usos del suelo, las coberturas antrópicas y la vegetación natural



Referencias:

Begon, M., C.R. Townsend y J.L. Harper. *Ecology from individuals to ecosystems*. 4a. edición. Blackwell Scientific Publications. USA. 2006.

Cervantes-Núñez, S., A. Challenger, C. Hernández-Hernández, C. Gay, M. de J. Ordóñez-Díaz, J.A.B. Ordóñez-Díaz, M. Gual-Díaz y M.T. Rodríguez-Zúñiga. *Ecosistemas de México. En: Reporte mexicano de cambio climático, Grupo II impactos, vulnerabilidad y adaptación*. UNAM/Programa de Investigación en Cambio Climático. México. 2015.

Challenger, A. y J. Soberón. *Los ecosistemas terrestres. En: Soberón, J.G. Halffter y J. Llorente-Bousquets. Capital Natural de México, Volumen I: Conocimiento actual de la biodiversidad*. Conabio. México. 2008.

Di Gregorio, A. y L.J.M. Jansen. *Land Cover Classification System (LCCS): Classification Concepts and User Manual*. For software version 1.0. GCP/RAF/287/ITA. Nairobi, Rome. 1998

FAO y UNEP. *El futuro de nuestra tierra, enfrentando el desafío*. FAO, UNEP. Roma. 2000.

INEGI. *Guía para la interpretación de cartografía Uso del suelo y vegetación Escala 1:250 000 Serie V*. México. 2015.

Jorgensen, S.E. y F. Muller (Ed). *Handbook of Ecosystem Theories and Management*. Lewis Publishers, Florida. 2000.

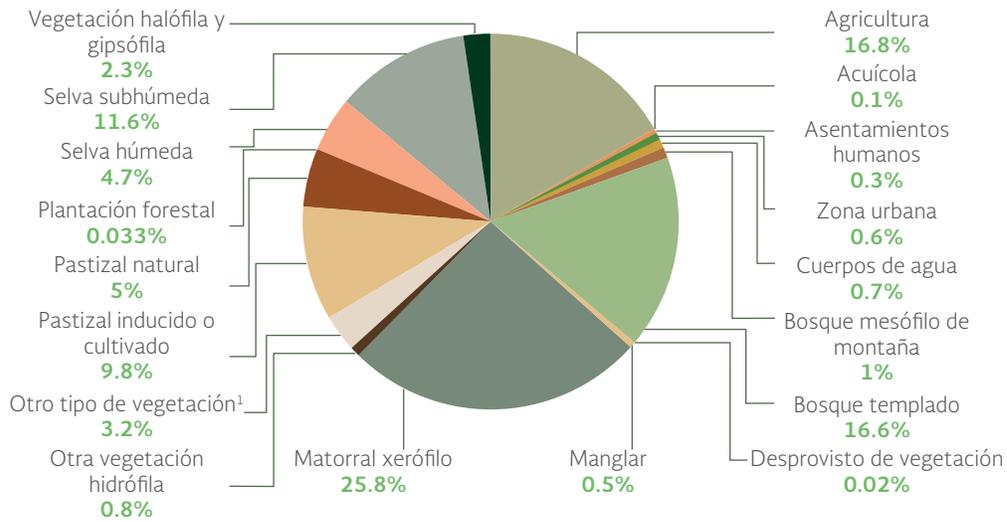
Miranda, F. y E. Hernández X. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 29: 1 - 179. 1963.

Odum, E.P y G.W. Barrett. *Fundamentos de ecología*. 5a ed. Thomson Editores. México. 2006.

Rzedowski, J. *Vegetación de México*. 1ra. edición digital. Conabio. México. 2006.

Zarco-Espinosa, V.M., J.L. Valdez-Hernández, G. Ángeles-Pérez y O. Castillo-Acosta. Structure and diversity of arboreal vegetation in the Parque Estatal Agua Blanca, Macuspana, Tabasco. *Universidad y Ciencia Trópico Húmedo* 26(1): 1 - 17. 2010.

Figura 2.1 | Uso del suelo y vegetación en México, 2011



Nota:

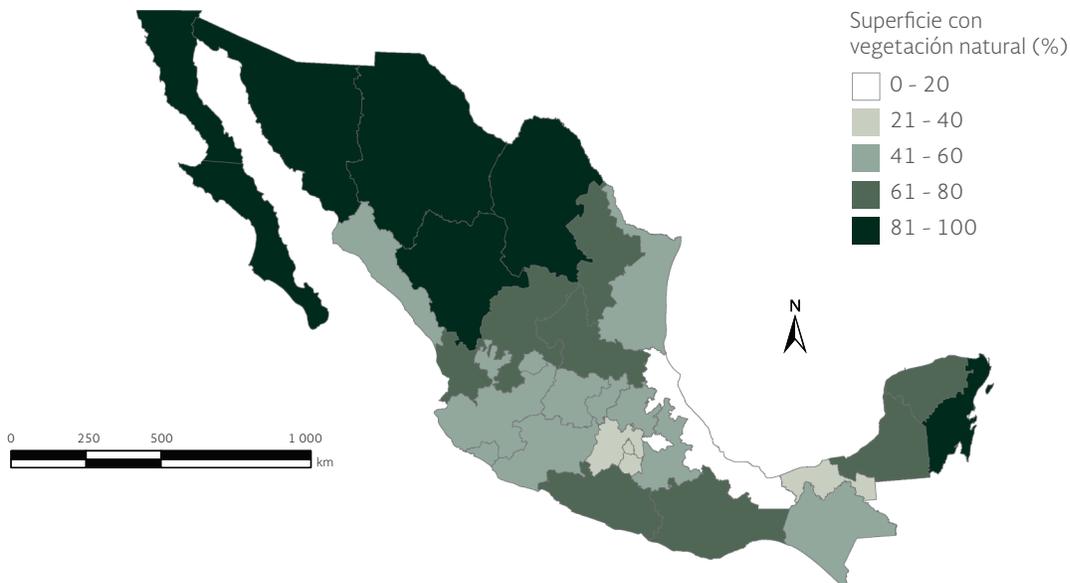
¹ Otros tipos de vegetación incluye a las áreas sin vegetación aparente, chaparral, mezquital, palmar, sabana, vegetación de dunas costeras, áreas desprovistas de vegetación y palmar inducido.

Fuente:

Elaboración propia con datos de : INEGI. Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie V (2011), escala 1:250 000. INEGI. México. 2013.

En contraste, en los estados de Tlaxcala (19%), Veracruz (29%), Distrito Federal (29%), Tabasco (30%), México (35%) y Morelos (37%), la vegetación natural cubría menos del 40% de su superficie. De acuerdo a la Carta de Uso del Suelo y Vegetación, en 2011, sólo el 69.6% de la

Mapa 2.1 | Vegetación natural remanente por entidad federativa, 2011



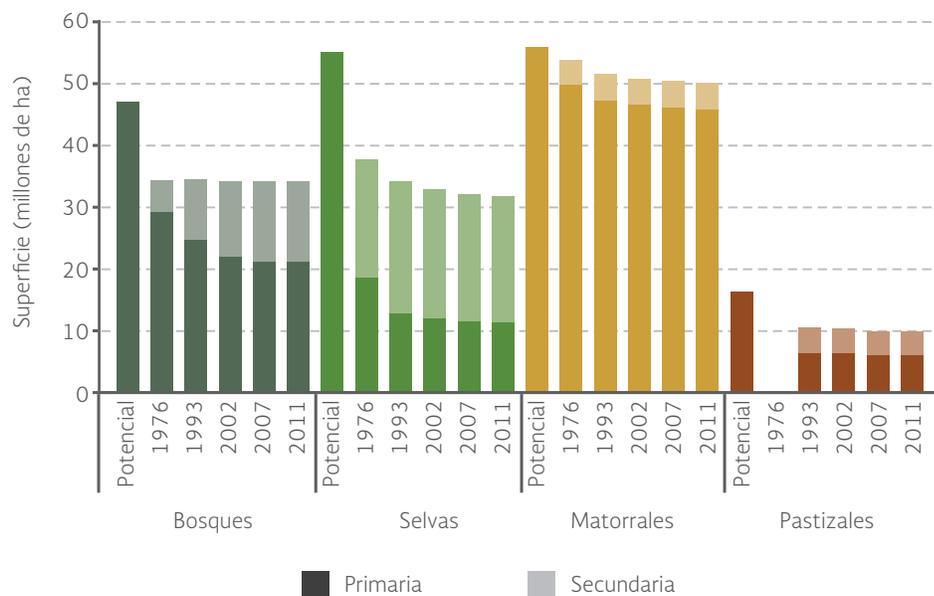
Fuente:

Elaboración propia con datos de : INEGI. Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie V (2011), escala 1: 250 000. INEGI. México. 2013.

vegetación natural (equivalente al 49.5% 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 (ver recuadro **Integridad Ecosistémica en México**).

Hasta 2011 las selvas fueron el tipo de vegetación más afectada por la degradación, ya que sólo el 36% de su superficie original (11.4 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 62% de su superficie (poco más de 21 millones de ha) permanecía en estado primario. Para poner estas cifras en contexto, de acuerdo a FAO (2015) en el año 2010, a nivel mundial, el 36% de los bosques¹ existentes aún se conservaban en estado primario. En 2011 la formación vegetal con menor superficie degradada en el país correspondió a los matorrales xerófilos, se estima que alrededor del 91% de su superficie (45.8 millones de ha) se encuentra en buen estado de conservación.

Figura 2.2 | Vegetación primaria y secundaria por tipo de ecosistema en México, 2011



Nota:

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

Fuentes:

Elaboración propia con datos de:
 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.

¹ Según 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 hectáreas. Los árboles deben tener una altura mínima de 5 metros en el momento de su madurez in situ. Esta definición no incluye tierra sometida a usos antrópicos, por lo cual el sistema de clasificación de bosques y selvas en este capítulo pueden ser incluidas en la definición de bosques de la FAO.

Recuadro | Integridad Ecosistémica en México

Ya es reconocido que el bienestar de las sociedades humanas depende en buena parte de los ecosistemas naturales por los bienes y servicios que proporcionan, los que se sabe dependen de la biodiversidad que contienen. También cada día se acumula evidencia que confirma que la cantidad y calidad de esos servicios ecosistémicos se ve afectada por la degradación de los ecosistemas y su biodiversidad.

El caso más conocido de afectación de los ecosistemas es la deforestación o pérdida de vegetación natural que sería el caso más extremo, pues implica la remoción local de todas las especies de plantas y animales, así como de los procesos y funciones que existían en esos ecosistemas. Otro proceso importante de deterioro es la llamada defaunación, que consiste en la remoción o reducción significativa del tamaño poblacional de algunas especies de animales silvestres (por caza, extracción selectiva o por actividades ganaderas o agrícolas), y que afecta procesos sustantivos del ecosistema a mediano y largo plazos como la polinización, la remoción y dispersión de semillas y la herbivoría, entre otros.

A pesar de la importancia del tema, no existe un consenso sobre cómo medir la condición de los ecosistemas cuando estos han sido afectados por fenómenos como la presencia de ganado, fuego, extracción no controlada de madera o plagas que no implican la destrucción total del ecosistemas, sino que sólo afectan a una fracción de las especies que lo componen o algunos procesos como la dispersión de semillas, el ciclo hidrológico o la descomposición de la materia orgánica en el suelo. En estos casos, la afectación no es muy evidente, y la evaluación de su importancia suele ser complicada sobre todo con métodos convencionales de monitoreo.

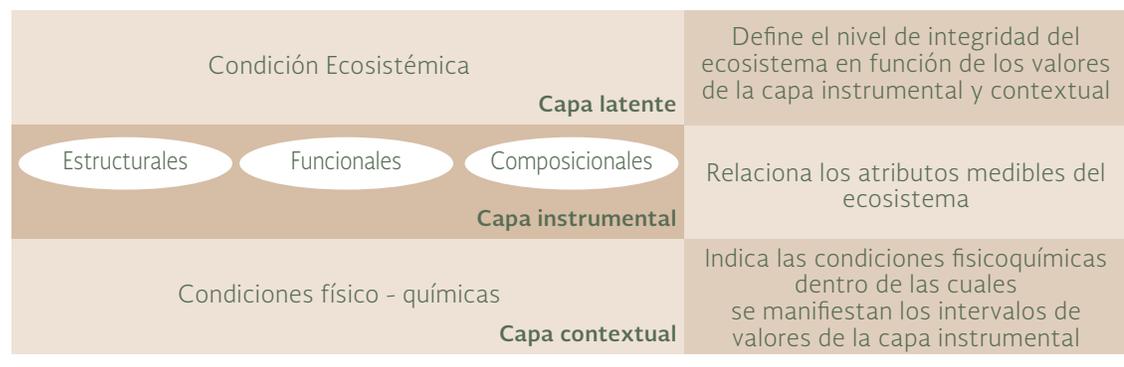
En este contexto, resulta necesario generar una forma de evaluar de manera confiable, económica y permanente la condición de los ecosistemas¹, no sólo en su cantidad (cobertura) sino en su calidad (en términos de la integridad de sus componentes, interacciones y procesos). Es importante mencionar que el concepto de integridad ecosistémica o de los recursos que forman parte de los ecosistemas permea en toda la legislación ambiental mexicana, sin que hasta ahora exista alguna propuesta clara de cómo debería evaluarse.

Un grupo de investigadores del Instituto de Ecología A.C., en colaboración con especialistas de la Conabio y otras dependencias han estado trabajando en un modelo que permitiría conocer la integridad de los ecosistemas. En términos generales el modelo que proponen describe la situación y condición de los ecosistemas (integridad del ecosistema) y se basa en comparar la situación actual (o en un tiempo determinado) con respecto a la que tendría ese mismo ecosistema en ausencia de perturbaciones.

¹ En el caso de la deforestación puede estimarse, razonablemente bien, utilizando métodos de percepción remota.

La propuesta reconoce que la condición de integridad o “salud” en la que se encuentra un ecosistema (capa latente) no es fácilmente medible de manera directa, pero subyace como determinante de lo que ocurre en él; esto es, puede inferirse a partir de la condición en que se encuentren sus componentes básicos; en este caso, las características estructurales, funcionales y composicionales (capa instrumental), los cuales dependen simultáneamente de las condiciones fisicoquímicas y ambientales del sitio donde se encuentran esos ecosistemas (capa contextual) (Figura a). Estas determinantes influyen para producir patrones concretos y particulares de asociación entre los atributos estructurales y funcionales de los ecosistemas, que sí son observables y medibles (capa instrumental).

Figura a | *Integridad ecosistémica - Modelo de tres capas*



Este conjunto articulado de elementos tanto subyacentes como medibles son los que definen la integridad ecosistémica. En este sentido, el enfoque que propone este grupo de investigadores permite evaluar la situación concreta de un ecosistema, conociendo los patrones específicos de dependencia entre sus elementos.

El concepto de *integridad ecosistémica* propuesto, permitiría tener una referencia sobre la condición de la biodiversidad. Además podría funcionar de manera semejante a lo que el carbono y el efecto invernadero lo han sido para articular el conocimiento y dirigir los esfuerzos y acciones en la agenda del cambio climático. La propuesta de integridad ecosistémica que ahora se tiene es capaz de identificar cambios en la condición de los ecosistemas desde un nivel local (actualmente 1 km²) hasta el nacional.

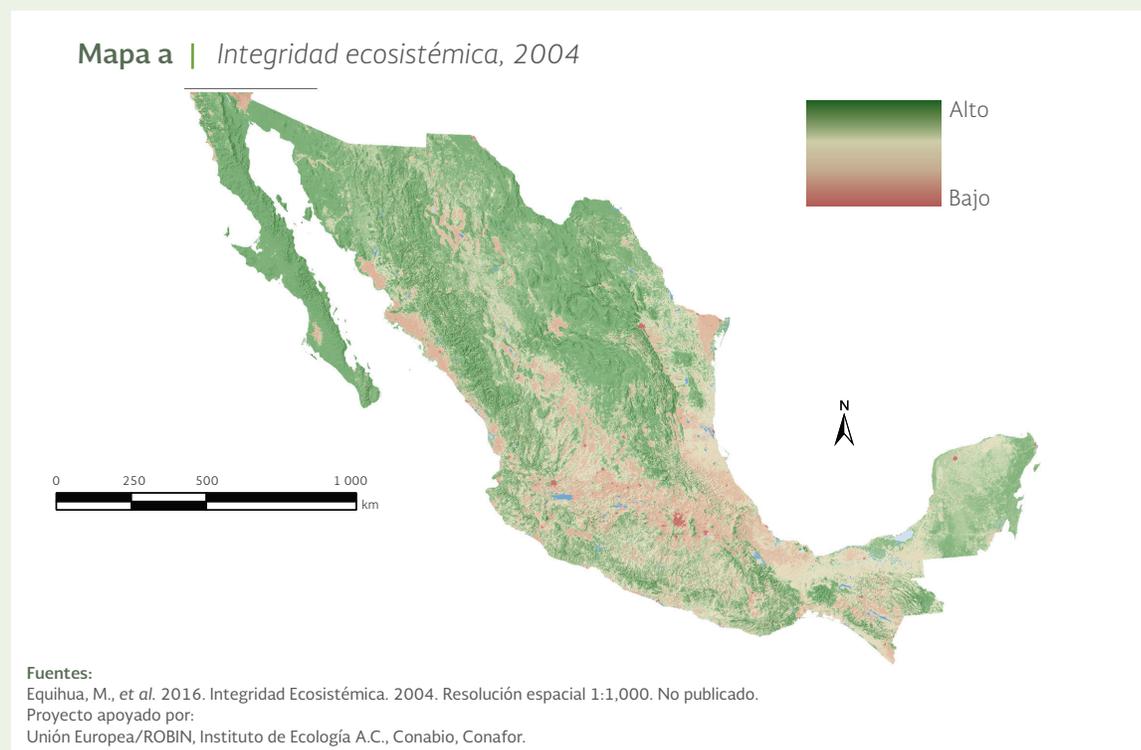
En México, como en muchos otros países en el mundo, hay creciente interés en avanzar decididamente por rutas de sostenibilidad²; y en este contexto, la capacidad de estimar la condición de los ecosistemas y su biodiversidad es clave, pues prácticamente toda acción humana implica su modificación. Por tal motivo, existe la necesidad por desarrollar nuevos enfoques analíticos que auxilien a equilibrar las múltiples y frecuentemente contradictorias metas públicas de desarrollo, al mismo tiempo que se mantiene la integridad de los ecosistemas.

² En septiembre del 2015 México se comprometió con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, los cuales incluyen metas específicas relacionadas con la protección y uso sustentable de la biodiversidad.

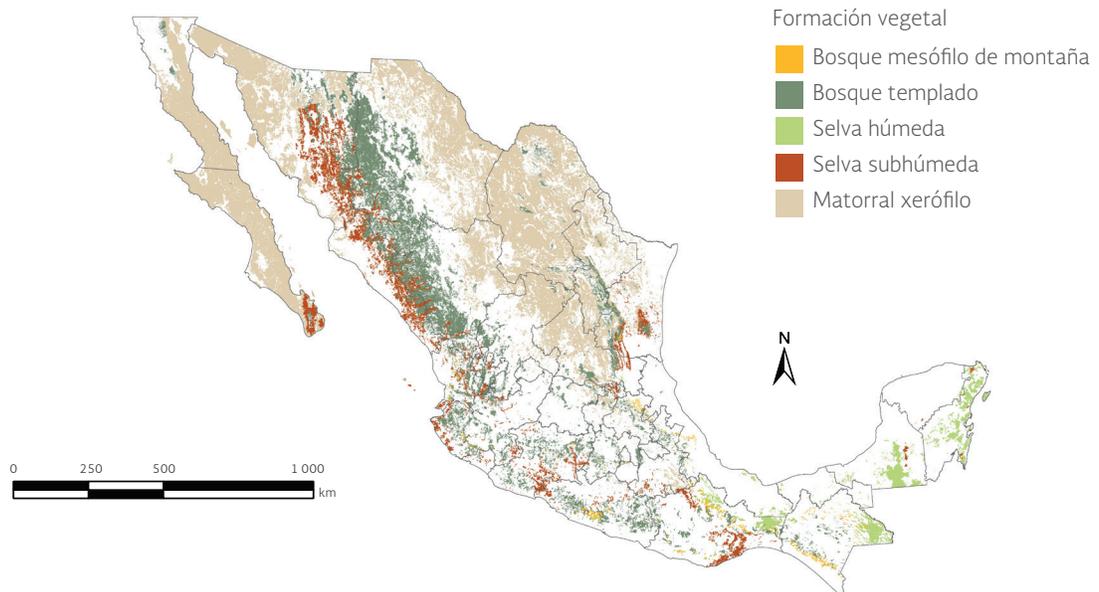
Este proyecto busca articular además los esfuerzos que varias dependencias como la Conafor, Conanp, Conabio y el Inecol, entre otras instituciones, están desarrollando para monitorear la biodiversidad y los ecosistemas. La evaluación de la integridad de los ecosistemas utilizaría, por ejemplo, la información de más de 20 mil sitios de muestreo que incluye el Inventario Nacional Forestal y de Suelos donde se obtiene información de más de 200 variables y que se repite cada 5 años; la información georreferenciada de más de 6 millones de plantas y animales contenida en las colecciones biológicas; la información proveniente de sensores automatizados como “trampas-cámara” que permiten registrar la presencia de vertebrados; de las unidades autónomas de grabación que “escuchan” señales audibles de pájaros, anfibios e insectos principalmente, así como ultrasónicas (murciélagos); y el análisis de imágenes satelitales de alta resolución, por señalar sólo algunos.

Este proyecto está en sus primeras fases, pero ya muestra resultados prometedores. En la Mapa a se muestra como se vería la integridad de los ecosistemas en México con datos de 2004, donde puede notarse muy claramente que los ecosistemas de la vertiente del Golfo de México, el Centro y sureste y el norte de la península de Yucatán tendrían valores bajos, mientras que en el norte y noroeste del país los ecosistemas aún conservarían valores altos de integridad.

Como todo modelo, a éste aún le falta todo un proceso de revisión y validación, pero claramente puede ser un elemento importante que apoye los trabajos de las Cuentas Económicas de los Ecosistemas (que México está desarrollando liderados por el INEGI); apoyaría la evaluación de los compromisos de los ODS en el tema de biodiversidad y sería pieza clave en el diseño de políticas, así como la planeación y evaluación que desarrolla la Semarnat.



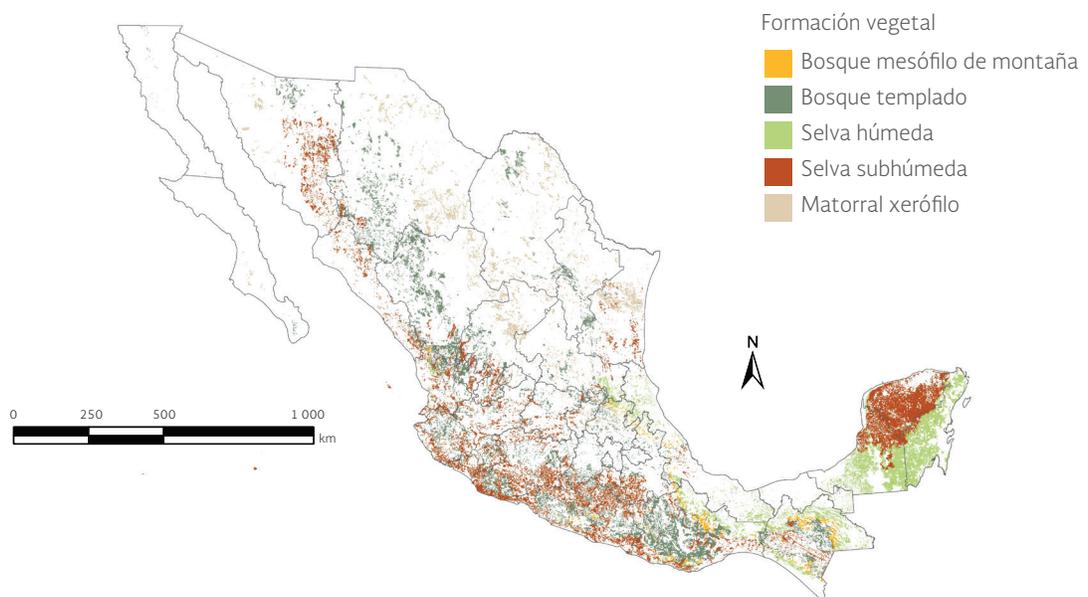
Mapa 2.2 | Vegetación primaria en México, 2011



Fuente:
Elaboración propia con datos de:
INEGI. *Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie V (2011)*, escala 1: 250 000. INEGI. México. 2013.

De acuerdo a la Carta de Uso del Suelo y Vegetación, algunos estados que conservan una proporción alta de su cubierta natural lo hacen con un porcentaje alto de vegetación primaria. Por ejemplo, el 99% de la vegetación natural remanente de Baja California Sur (alrededor del 93% de la superficie

Mapa 2.3 | Vegetación secundaria en México, 2011

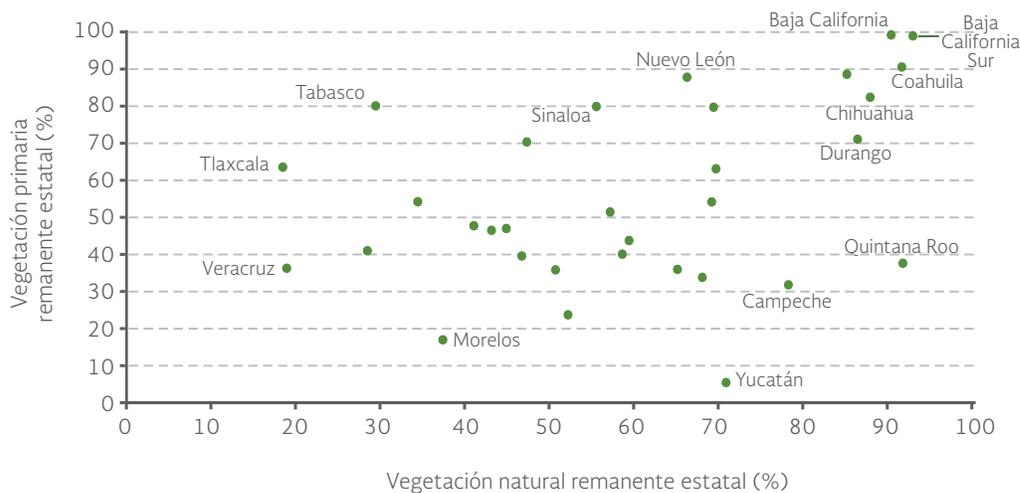


Fuente:
Elaboración propia con datos de:
INEGI. *Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie V (2011)*, escala 1: 250 000. INEGI. México. 2013.

total del estado) es primaria. Hay estados que conservan poca superficie con vegetación natural, es el caso de Tlaxcala y Tabasco, sin embargo, esa superficie (alrededor del 19 y 30% respectivamente) tiene una proporción importante de vegetación primaria (alrededor del 64 y 80%). Por el contrario, hay estados con superficies extensas cubiertas por vegetación natural remanente en estado secundario, es el caso de Quintana Roo (con 38% de su vegetación primaria), Campeche (32%) y Yucatán (5.5%; Figura 2.3).

En lo que respecta a los sistemas productivos, en 2011 las tierras agrícolas y los pastizales cultivados e inducidos (estos últimos empleados en la ganadería) cubrían poco más de 51.7 millones de hectáreas, lo que representa alrededor del 26% del territorio. De esa superficie, 63% correspondía a terrenos agrícolas y 37% a pastizales inducidos y cultivados. Los estados ubicados en la costa del Golfo de México y centro del país son los que han transformado una superficie mayor de sus ecosistemas para utilizarlos en actividades agrícolas y pecuarias, es el caso de Tlaxcala (cerca del 80% de su superficie), Veracruz (77%) y Tabasco (64%; Mapa 2.4). En ese mismo año, los estados con menores superficies agropecuarias eran Baja California Sur (poco menos del 3%), Quintana Roo (6%), Coahuila y Baja California (cada uno con cerca del 8%).

Figura 2.3 | Relación entre la vegetación natural remanente estatal y su estado de conservación, 2011



Fuente:
Elaboración propia con datos de :
INEGI. Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie V (2011), escala 1:250 000. INEGI. éxico. 2013.

CAMBIOS EN EL USO DEL SUELO

De toda la historia de la humanidad, han sido los últimos 50 años donde los seres humanos han transformado los ecosistemas del mundo más rápida y extensamente (ver el recuadro **La vegetación natural y el crecimiento carretero**). Esta transformación es una de las causas de la liberación a la atmósfera de cantidades importantes de gases de efecto invernadero (GEI), lo cual empeora el

Mapa 2.4 | Uso agropecuario por entidad federativa, 2011



Fuente:

Elaboración propia con datos de:

INEGI. *Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie V (2011)*, escala 1: 250 000. INEGI. México. 2013.

problema del cambio climático (ver el recuadro **Deforestación y emisiones de GEI**). La rapidez y la magnitud de las transformaciones, con efectos aún desconocidos en ciertos casos, han impactado procesos ambientales locales, regionales y globales, han acelerado la pérdida de la biodiversidad y han provocado la pérdida o el deterioro de varios servicios ambientales como la disponibilidad del agua y la regulación tanto del clima y como de los ciclos biogeoquímicos, entre otros.

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. No obstante, aunque las estimaciones cuantitativas no son tan precisas y deben usarse con cautela, la información disponible sí permite identificar tendencias.

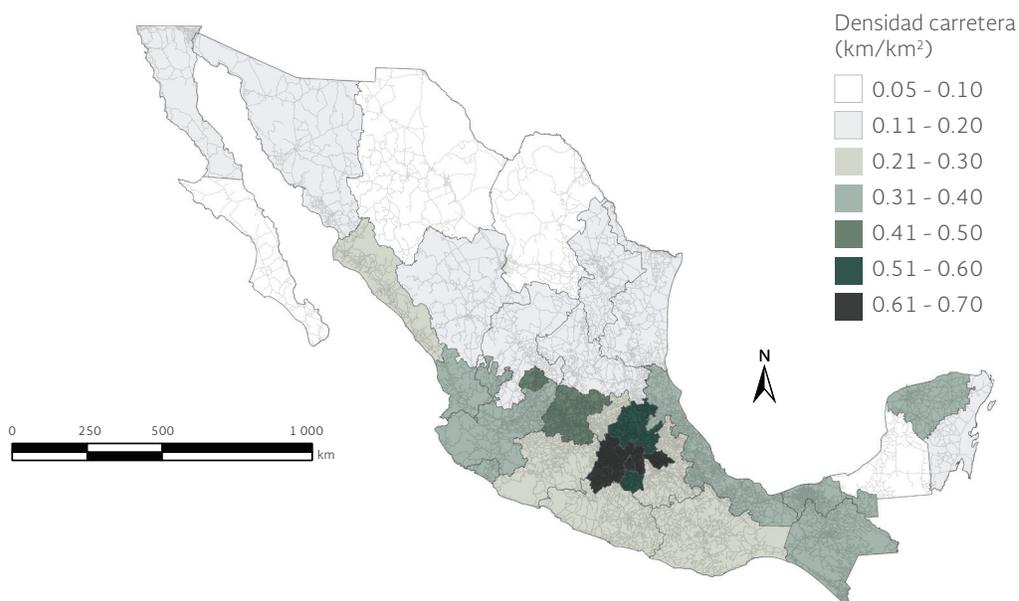
De los inventarios de uso del suelo disponibles en la actualidad, los más comparables son las Cartas de Uso del Suelo y Vegetación Series I, II, III, IV y V, a escala 1: 250 000, elaboradas por el INEGI. La Serie I se basa en la interpretación de fotografías aéreas, en su mayoría de la década de los setenta, mientras que las Series II, III, IV y V se generaron a partir de imágenes de satélite de los años 1993, 2002, 2007 y 2011, 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 causa de la actividad humana.

Recuadro | La vegetación natural y el crecimiento carretero

La construcción de vías terrestres de comunicación (que también incluye la ampliación del tendido eléctrico y la construcción de presas) puede afectar la superficie de vegetación natural remanente y su continuidad. Entre sus efectos más significativos (dependiendo de la magnitud y tipo de obra) están la pérdida y la alteración de los ecosistemas, la fragmentación de la vegetación remanente y puede constituir un obstáculo (es el caso de caminos y carreteras) para el desplazamiento de ciertas especies de animales y ser una fuente de mortalidad por atropellamiento.

En el territorio nacional, a finales de los años 60, existían 44 890 kilómetros de carreteras, para el año 2013 ya existían 379 000 km (SCT, 2014). Es a partir de la década de los setenta cuando inició el proceso de ampliación del sistema carretero, este creció 25 374 kilómetros entre 1980 y 1990 (2 537 km/año), 95 111 kilómetros entre 1990 y 2000 (9 511 km/año) y casi 46 mil kilómetros entre 2000 y 2013 (3 530 km/año). Aunque no se tiene un estudio formal acerca de los impactos ambientales atribuidos al crecimiento de la infraestructura carretera en México, se observa la relación entre la densidad de caminos y la cubierta de vegetación natural: los estados con mayor densidad de caminos son aquellos que tienen la menor proporción de su superficie con cobertura vegetal natural remanente (Mapa a).

Mapa a | Densidad de la infraestructura carretera en México, 2013



Fuente:
Elaboración propia con datos de:
SCT. Anuario Estadístico 2013. SCT. México. 2014.

Estados como Tlaxcala, que tiene la mayor densidad de carreteras (cerca de 0.7 km/km²), posee la menor cobertura natural del país (18.2% de su superficie); por el contrario, Coahuila (0.056 km/km²) y Chihuahua (0.053 km/km²) poseen la menor densidad de carreteras y tienen porcentajes de conservación del 91.7% y el 88.1% de su vegetación natural. La construcción de caminos suele tener efectos adversos sobre el ambiente, pues es uno de los factores que propicia la colonización y el desarrollo de nuevos centros de población o explotación de recursos naturales. Ejemplos de este fenómeno han sido observados con la construcción de caminos en las selvas húmedas de la amazonía en Brasil (UNEP, 2005).

Referencias:

SCT. *Anuario Estadístico 2001*. SCT. México. 2002.

SCT. *Infraestructura del Sector*. SCT. México. 2004 y 2006.

SCT. *Anuario Estadístico 2011 y 2012*. SCT. México. 2012 y 2013.

UNEP. *One planet many people: an atlas of our changing environment*. UNEP. Nairobi. 2005.

De acuerdo a 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 a la Serie I) se conservaba poco más del 73% de la superficie original de los bosques y 69% de las selvas (Figura 2.2). Treinta años después, en 2011, se conservaba casi el 73% de la superficie original de bosques, 58% de las selvas, 90% de los matorrales y poco más del 60% de los pastizales; esto representa una pérdida neta de poco más de 23 millones de hectáreas de selvas, casi 12 millones de bosques, 5.8 millones de matorrales y cerca de 6.5 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 comunidades de selvas y matorrales (Tabla 2.2).

En el periodo comprendido entre la década de los setenta y el año 1993², 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 promedio de 460 mil hectáreas por año. Del total de la superficie transformada, 3.5 millones de hectáreas correspondieron a selvas (que cambiaron a una tasa

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, que se mencionan a lo largo del presente Informe, 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 elaborada a partir de un conjunto de fotografías aéreas tomadas en su mayoría durante la década de los setenta.

Recuadro | Deforestación y emisiones de GEI

Las comunidades vegetales, dominadas por formas de vida arbórea, son importantes reservas de carbono en forma de 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 a 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 a la 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 tasa de cambio en el 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.

Notas:

¹ Una gigatonelada equivale a mil millones de toneladas métricas.

² Un gigagramo equivale a 1 millón de kilogramos.

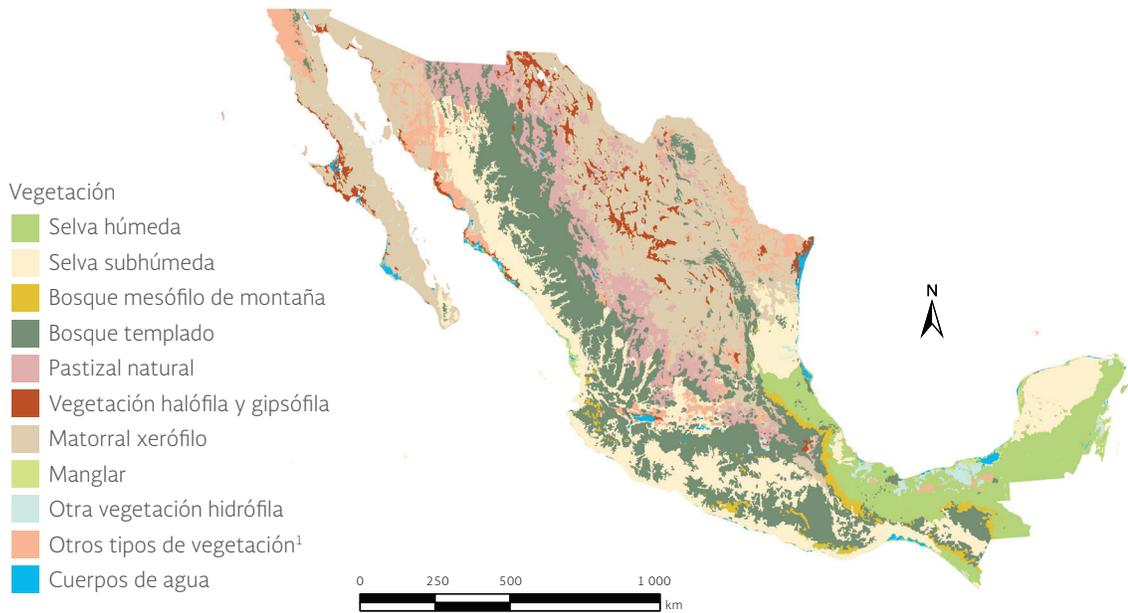
Referencias:

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. Compendio de Estadísticas Ambientales 2012*. Semarnat. México. 2013.

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.

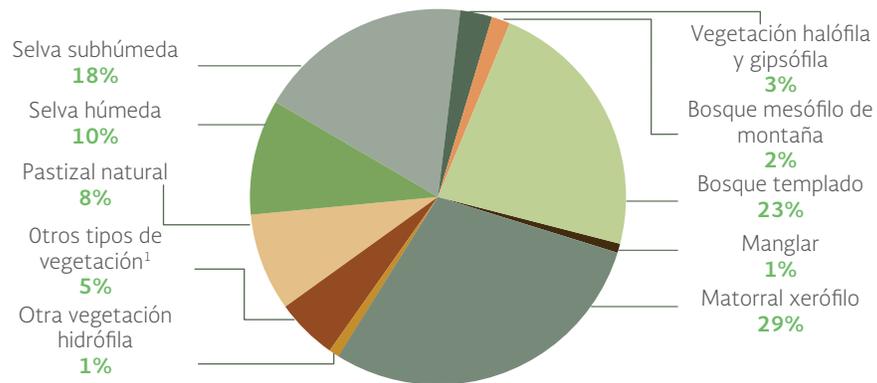
Fuente:

Elaboración propia con datos de:
INEGI. Carta de vegetación primaria potencial, escala 1: 1 000 000. INEGI. México. 2003.

promedio de 206 mil ha anuales), 537 mil de bosques (32 mil ha por año) y 2.3 millones de matorrales (135 mil ha anuales; Figura 2.5a). De estos ecosistemas, las selvas fueron las que sufrieron con mayor velocidad la transformación de su superficie (alrededor de 0.57% anual), seguidas por los matorrales (0.26%) y los bosques (0.09%; Figura 2.5b e **IB 6.1-1**).



Figura 2.4 | Vegetación primaria potencial en México



Nota:

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

Fuente:

Elaboración propia con datos de:
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 y 2011*

Estado	Formación vegetal/Usos del suelo	Tipo de vegetación/Cobertura	Superficie (ha)					
			Potencial	Año				
				1976	1993	2002	2007	2011
Vegetación natural	Bosques	Bosque mesófilo de montaña	3 088 256	1 838 523	1 813 946	1 825 209	1 841 777	1 853 453
		Bosque templado	43 955 622	33 223 625	32 711 337	32 341 237	32 300 686	32 268 428
		Subtotal	47 043 878	35 062 148	34 525 283	34 166 446	34 142 463	34 121 881
	Selvas	Selva húmeda	19 255 334	12 683 208	9 911 304	9 468 320	9 155 344	9 167 991
		Selva subhúmeda	35 870 558	25 089 090	24 353 186	23 468 976	22 946 644	22 545 476
		Subtotal	55 125 892	37 772 298	34 264 490	32 937 296	32 101 988	31 713 466
	Matorrales	Matorral xerófilo	55 920 520	53 874 823	51 578 697	50 782 464	50 444 636	50 154 036
	Manglar	Manglar	1 450 899	1 045 328	914 610	924 655	945 840	939 584
	Otra vegetación hidrófila	Otra vegetación hidrófila	1 730 083	1 409 712	1 300 256	1 276 828	1 646 724	1 651 250
	Otros tipos de vegetación	Otros tipos de vegetación	11 023 870	8 644 581	6 772 603	6 473 339	6 395 035	6 276 594
Pastizal natural	Pastizal natural	16 279 081	9 985 042	10 429 438	10 315 818	9 896 425	9 793 542	
Vegetación halófila y gipsófila	Vegetación halófila y gipsófila	5 336 445	5 025 767	5 149 801	5 037 665	4 430 667	4 497 999	
Subtotal		193 910 669	152 819 700	144 935 178	141 914 511	140 003 779	139 148 353	
Coberturas antrópicas	Plantación forestal	Plantación forestal		30 622	25 754	36 835	41 736	64 263
		Agropecuario	Agricultura	26 032 618	29 082 925	30 830 397	32 192 907	32 596 012
		Pastizal inducido o cultivado ²	14 319 197	17 704 343	18 901 998	19 019 781	19 107 897	
		Subtotal	40 351 815	46 787 268	49 732 395	51 212 688	51 703 909	
	Zonas urbanas o desprovistas de vegetación	Área desprovista de vegetación			6 031	14 263	20 811	38 621
		199 948	1 108 232	1 260 257	1 597 576	1 845 263		
	Subtotal	199 948	1 114 263	1 274 520	1 618 386	1 883 884		
Subtotal		40 582 384	47 927 286	51 043 751	52 872 810	53 652 056		
Total³			193 910 669	193 402 084	192 862 464	192 958 262	192 876 589	192 800 409

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 Durante el procesamiento de las Cartas de Uso del Suelo y Vegetación fueron ajustada en su línea de costa, de aquí la diferencia entre los totales registrados en esta tabla.

Fuentes:

Elaboración propia con datos de:

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.

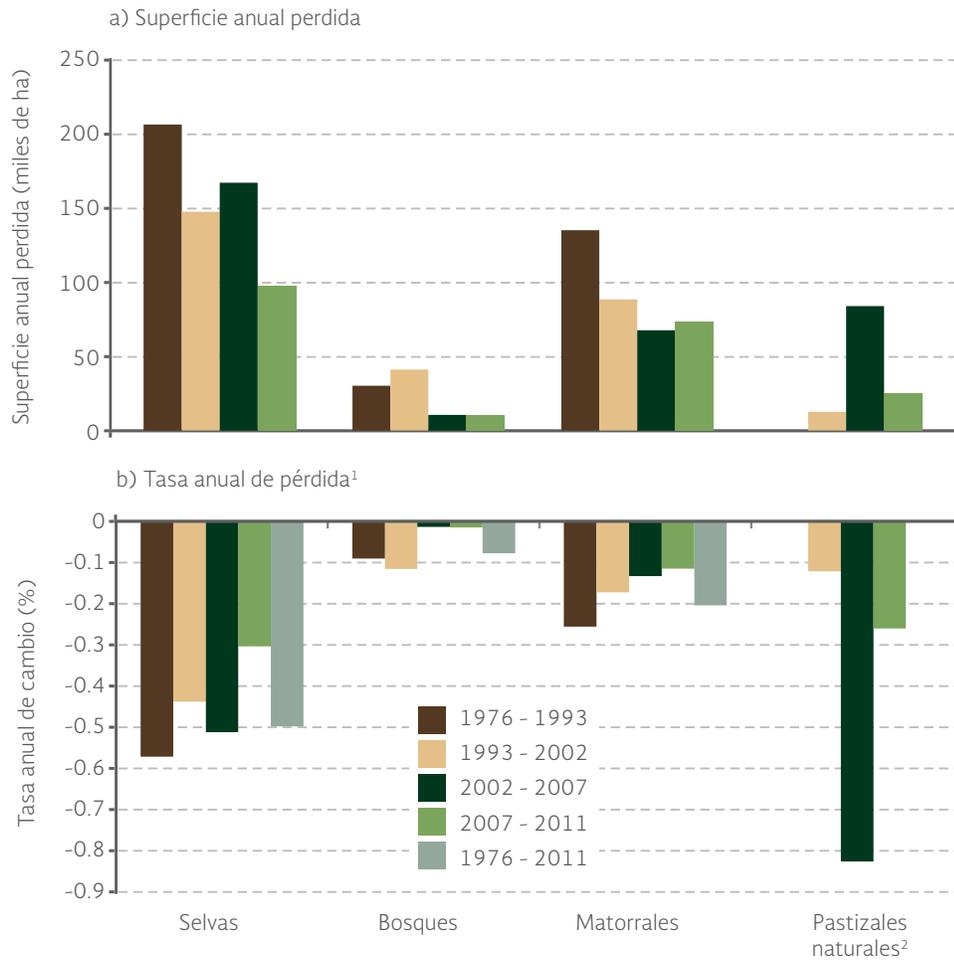
INEGI. *Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie II (Reestructurada) (1993), escala 1: 250 000*. INEGI. México. 2004.

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.

Figura 2.5 | Superficie perdida y tasa de cambio anuales para selvas, bosques, matorrales y pastizales en México, 1976 - 2011



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 Las tasas de cambio de los pastizales para el periodo 1976-1993 y 1976-2011 no se pueden calcular debido a la agregación que muestra esta vegetación para el año 1976 en la fuente original.

Fuentes:

Elaboración propia con datos de:

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.

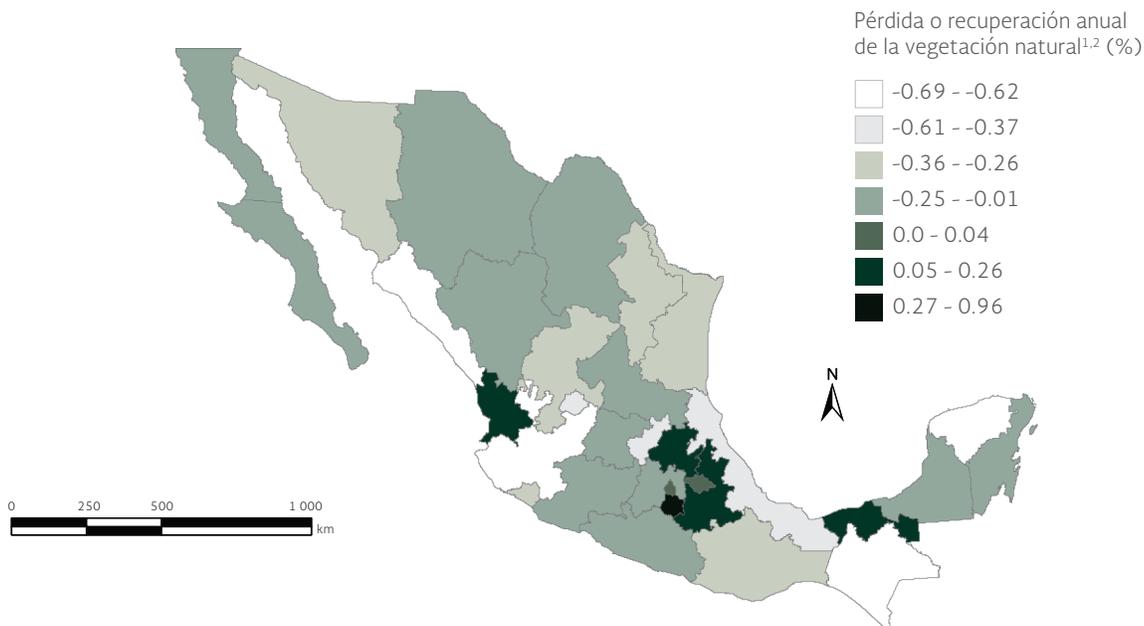
En el periodo de 1993 a 2002, la vegetación natural transformada a otros usos del suelo acumuló cerca de 3 millones de hectáreas, lo que equivale a una pérdida promedio de casi 336 mil hectáreas anuales, cantidad menor a la registrada entre los años setenta y 1993. La formación que perdió mayor superficie 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%, 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, la tasa de transformación de la vegetación natural empezó a decrecer; no obstante, 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 mayor a la estimada entre el periodo 1993 y 2002). De la superficie total transformada, 835 mil hectáreas correspondieron a selvas, 419 mil a pastizales y 338 mil a matorrales. Mención aparte merecen los bosques, que sólo perdieron 24 mil hectáreas en este periodo, cerca de 5 mil hectáreas por año, cantidad casi ocho veces menor a la superficie perdida anualmente entre 1993 y 2002 (Figura 2.5).

En el periodo de 2007 a 2011, se perdieron 855 mil hectáreas de vegetación natural, a ritmo promedio de 214 mil hectáreas al año. De la superficie total transformada, 97 mil hectáreas fueron de selvas, 26 mil de pastizales y 73 mil de matorrales. En este periodo, los bosques perdieron alrededor de 5 mil hectáreas, cifra similar a la estimada en el periodo anterior (Figura 2.5).

Entre 2002 y 2011, los estados que perdieron con mayor velocidad su vegetación natural fueron Chiapas (0.69% anual), Jalisco (0.68%), Yucatán (0.62%), Sinaloa (0.62%) y Aguascalientes (0.48%). Por el contrario, el Distrito Federal (0.02% anual) y los estados de Tlaxcala (0.04% anual), Hidalgo (0.11%), Tabasco (0.11%), Puebla (0.24%), Nayarit (0.26%) y Morelos (0.96%) recuperaron parte de su cubierta natural (Mapa 2.6).

Mapa 2.6 | Tasa de cambio de la vegetación natural, 2002 - 2011



Notas:

¹ Se calculó con la fórmula $r = ((s_2/s_1)^{(1/t)} - 1) \times 100 - 100$, 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.

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

Fuentes:

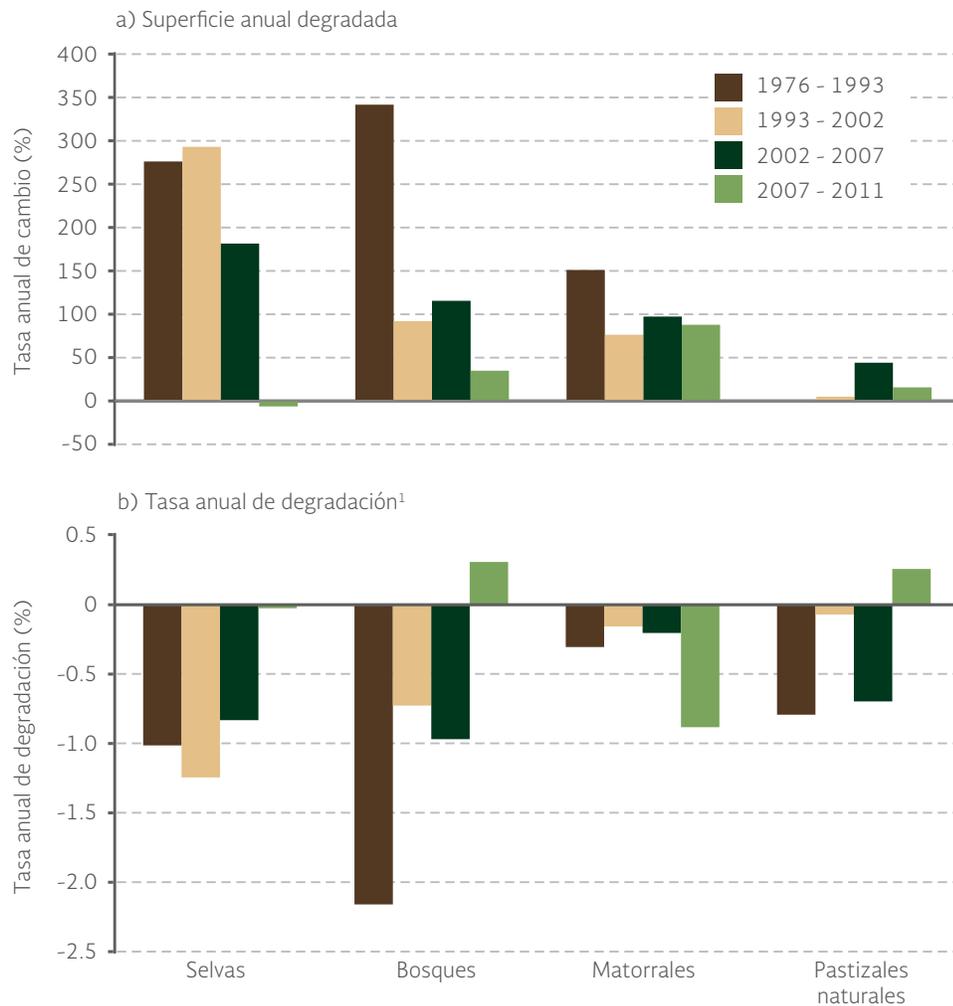
Elaboración propia con datos de:

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 V (2011)*, escala 1:250 000. INEGI. México. 2013.

En el periodo de 1976 a 1993 se degradaron³ 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. Así mismo las selvas, bosques y matorrales perdieron en conjunto alrededor de 13 millones de hectáreas de vegetación primaria, esto representa el 16, 31 y 5% de su superficie a inicios del periodo (Figura 2.6a).

Figura 2.6 | Degradación de la vegetación y tasa anual de degradación de selvas, bosques, matorrales y pastizales en México, 1976 - 2011



Nota:

¹ La superficie degradada y la tasa anual de cambio de pastizales para el periodo 1976-1993 no se puede calcular debido a la agregación que muestra este tipo de vegetación para el año 1976 en la fuente original.

Fuentes:

Elaboración propia con datos de:
 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.

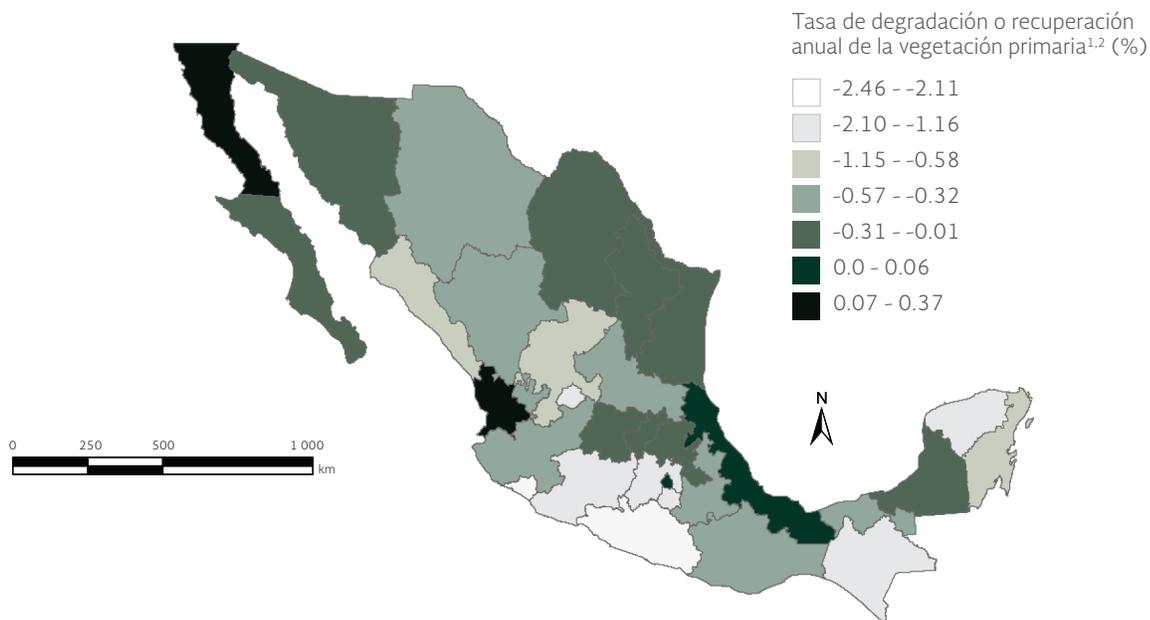
³ La degradación es una modificación inducida por las actividades del hombre en la vegetación natural, pero no es un remplazo total de la misma.

A pesar de las transformaciones y pérdidas de vegetación natural (en términos relativos y netos) se ha observado una disminución de tales afectaciones en las últimas dos décadas. Por ejemplo, entre 1976 y 1993 se degradan 940 mil hectáreas de vegetación natural primaria anuales (al 0.8% anual), entre 1993 y 2002 fueron 525 mil (0.51%), entre 2002 y 2007 contabilizaron 96 mil hectáreas anuales (0.5%) y en el periodo comprendido entre 2007 y 2011 sumaron 121 mil hectáreas anuales (0.12%).

Entre 2002 y 2011, los estados en los que se degradó con mayor velocidad la vegetación natural primaria fueron Guerrero (2.46% anual), Colima (2.11%), Aguascalientes (1.68%), Chiapas (1.45%), Yucatán (1.29%), Morelos (1.26%), estado de México (1.18%) y Michoacán (1.16%). En contraste, la cubierta primaria tuvo una ligera recuperación en el Distrito Federal (al 0.06% anual) y los estados de Veracruz (0.0003%), Nayarit (0.31%) y Baja California (0.37%; Mapa 2.7).

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 ha de selvas primarias hasta 2011; se conserva alrededor del 21% de su extensión original) como en superficie degradada (el 64% de las selvas existentes en 2011 son secundarias).

Mapa 2.7 | Tasa de degradación o recuperación de la vegetación natural primaria, 2002 - 2011



Notas:

¹ Se calculó con la fórmula $r = (((s_2/s_1)^{(1/t)}) \times 100) - 100$, 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.

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

Fuentes:

Elaboración propia con datos de:

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 V (2011)*, escala 1: 250 000. INEGI. México. 2013.

En el periodo de 1976 a 2007 las selvas subhúmedas continuaron con una tendencia sostenida en su superficie transformada al año: poco más de 155 mil hectáreas entre 1976 y 1993, 98 mil entre 1993 y 2002, 104 mil entre 2002 y 2007. Entre 2007 y 2011 se observó una disminución de la superficie transformada: 55 mil hectáreas al año.

En superficie transformada, a las selvas les siguen los bosques, que se han reducido en cerca de 13 millones de hectáreas, hasta 2011 su extensión alcanzaba el 73% de su extensión original. Los matorrales desérticos redujeron su extensión de 56 millones de hectáreas a 51 millones.

Las transformaciones de las superficies naturales han beneficiado a la expansión de los terrenos agropecuarios. En la década de los setenta, los pastizales utilizados para la ganadería cubrían una superficie de más de 14.3 millones de hectáreas, en tanto que los terrenos agrícolas cubrían unos 26 millones de hectáreas. De la década de los setenta a 1993, los terrenos agropecuarios aumentaron su extensión en 6.3 millones de hectáreas, abarcando una superficie total de 46.8 millones de hectáreas (aumentaron cerca de 379 mil ha por año). De 2002 a 2007, los pastizales cultivados o inducidos incrementaron su superficie en más de 118 mil hectáreas; en conjunto, las áreas dedicadas a la agricultura y a pastizales para ganado se incrementaron en casi 1.5 millones de hectáreas, alcanzando una extensión de 51.2 millones de hectáreas. En el periodo de 2007 a 2011, los pastizales cultivados o inducidos aumentaron su superficie en 88 mil hectáreas, y las áreas dedicadas a la agricultura y pastizales destinados al ganado se incrementaron en 400 mil hectáreas. En este periodo la extensión total de estas coberturas fue 51.7 millones de hectáreas.

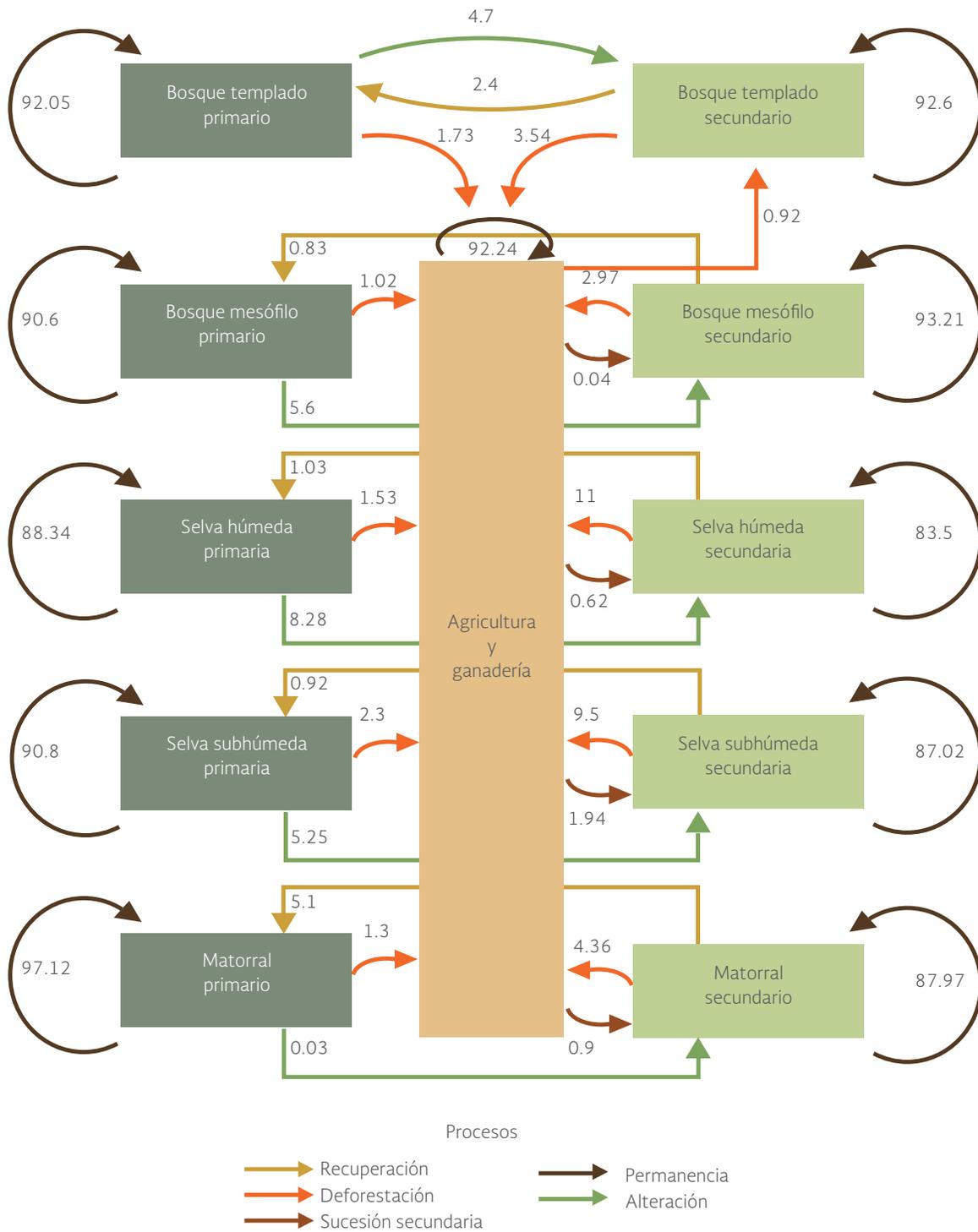
La transformación de la vegetación hacia actividades agropecuarias es más intensa si la vegetación se encuentra en estado secundario. Este fenómeno es, en gran medida, responsable de la elevada tasa de pérdida de la vegetación natural que ha sufrido México. La dinámica de cambio entre diferentes usos del 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 deforestación⁴ (cambio permanente de una cubierta dominada por árboles hacia una que carece de ellos), la alteración (también denominada degradación, es una modificación inducida por el humano en la vegetación natural, pero no un reemplazo total de la misma) y la fragmentación (la transformación del paisaje en parches pequeños de vegetación original rodeados de superficie alterada). El cambio de uso del suelo en matorrales suele incluirse dentro de la desertificación o “degradación ambiental en zonas áridas” (la desertificación también incluye a las zonas subhúmedas y semiáridas).

⁴ De acuerdo a la 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.

Figura 2.7 | Modelo del cambio de uso del suelo, 2002 - 2011¹



Nota:

¹ Las probabilidades de cambio están expresadas en porcentaje anual.

Fuentes:

Elaboración propia con datos de:

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 V (2011), escala 1: 250 000. INEGI. México. 2013.

De acuerdo con la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, 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, consideran que la deforestación se restringe a zonas arboladas.

DEFORESTACIÓN

De acuerdo con la FAO (2015) una unidad forestal es aquella que tiene al menos un 10% de su superficie cubierta por las copas de árboles. En México, el Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (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 del INEGI.

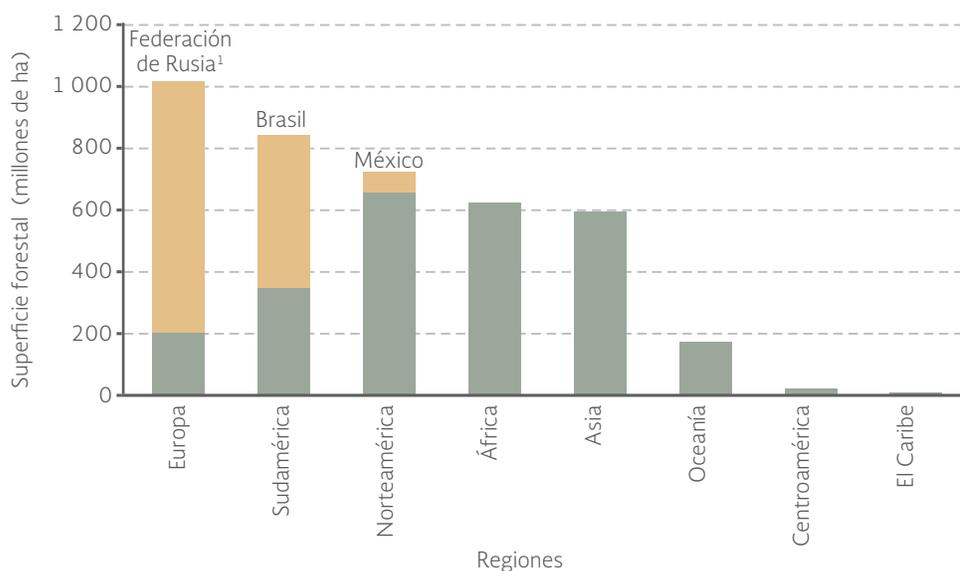
La principal preocupación en torno a la deforestación tiene que ver con la pérdida de la biodiversidad y de los servicios ambientales que brindan los bosques y las selvas, y en las últimas décadas a la influencia de esa pérdida en el calentamiento global. Las masas forestales proporcionan servicios como la formación y conservación de los suelos. Los bosques y selvas son además reservorio de la biodiversidad, además son fuente de bienes de consumo tales como la madera, leña, fibras y otros productos forestales no maderables (p. ej. alimentos, fibras y medicinas, entre otros).

En 2015 los bosques mundiales cubrían casi 4 mil millones de hectáreas, esto es alrededor del 31% de la superficie terrestre del planeta (FAO, 2015). El mayor remanente se encuentra en Europa y la parte occidental de la Federación de Rusia (26% del área forestal mundial), seguido por Suramérica (21%) y Norteamérica (16.7%, al cual México aporta el 1.7% al total global; Figura 2.8). A pesar de los esfuerzos para conservar los bosques del mundo, éstos han mantenido niveles de cambio altos en las últimas décadas. No obstante que el ritmo neto de cambio durante la última década ha mostrado una tendencia hacia la disminución de la deforestación con respecto a la década anterior (1990-2000: 7.5 millones de hectáreas anuales, a una tasa de 0.2% anual), para el periodo 2000-2005 se estimó en 4.2 millones de hectáreas anuales (al 0.10% anual), para 2005-2010 continuó disminuyendo a cerca de 3.4 millones (al 0.08% anual) y en 2010-2015 se mantuvo alrededor de 3.3 millones (al 0.08% anual).

En el periodo 1990-2010, Suramérica fue la región que sufrió mayores cambios netos en su superficie forestal (88.8 millones de ha, tasa del 0.5% anual). En el periodo 2005-2010 se observó una tendencia hacia la reducción del cambio de los bosques de esa región (16.4 millones de ha, 0.24% anual; Figura 2.9a). A Suramérica le siguen: África (que entre 1990 y 2010 disminuyó su cubierta forestal en cerca de 81.6 millones de ha, 0.5% anual), Centroamérica (que lo hizo en 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 en 21.2 millones de hectáreas, mientras que en Asia y Norteamérica aumentaron un total de 25.2 millones y 2.2 millones hectáreas, respectivamente.

En el periodo 2010-2015, África y Suramérica fueron las regiones que experimentaron la mayor pérdida anual neta de bosques, con 2.8 (-0.45% tasa anual) y 2 millones de hectáreas, (-0.24%

Figura 2.8 | Zonas forestales en diferentes regiones del mundo, 2015



Nota:

¹ Las superficies forestales de la Federación de Rusia se suman a las cuentas de la región de Europa.

Fuente:

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

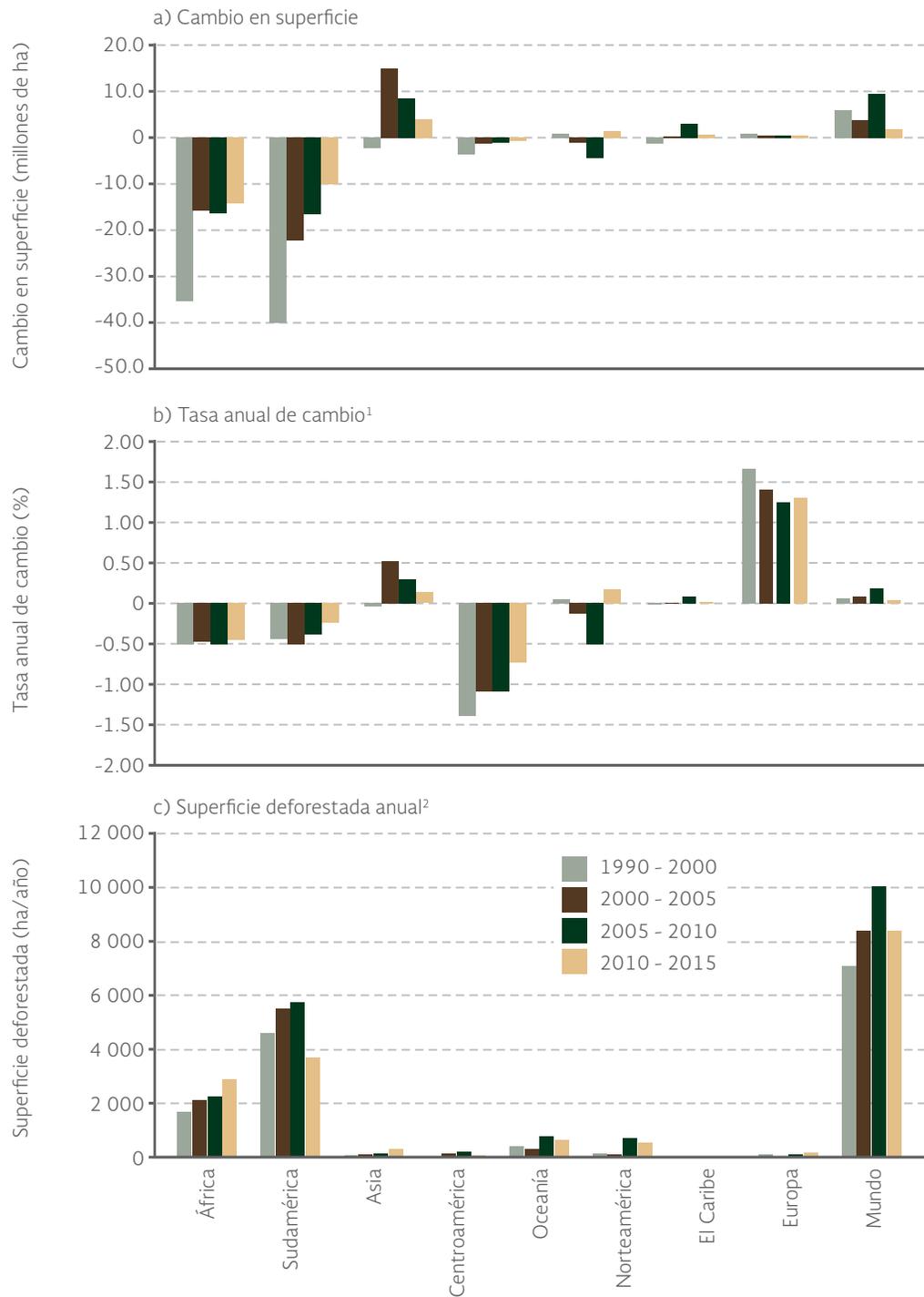
tasa anual) respectivamente. Asia y Europa fueron las regiones que presentaron el mayor aumento anual neto en su superficie forestal, con 0.8 (0.13% tasa anual) y 0.4 (0.04%) millones de hectáreas (Figura 2.9b). Un caso particular es el Caribe, el cual desde 1990 hasta 2015 ha presentado las mayores tasas de cambio anual positivas de todas las regiones del mundo (en promedio 1.4%, Figura 2.9b); sin embargo, su aumento neto en superficie forestal fue en promedio de 0.1 millones de hectáreas.

De acuerdo a la FAO (2015) la región de Suramérica, entre 2005 y 2010, fue la que presentó la mayor cantidad de hectáreas deforestadas por año (3 714 ha/año), le sigue África (2 887 ha/año) y Oceanía (668 ha/año). Por el contrario, el Caribe fue la región con la menor cantidad de hectáreas deforestadas (8 ha/año), seguida de Centroamérica (76 ha/año) y Europa (182 ha/año; Figura 2.9c). Las tasas de deforestación, a nivel mundial, fueron aumentado hasta principios del 2000, después se han ido estabilizando y en algunos casos disminuyendo (Figura 2.9c).

Siguiendo las comparaciones internacionales, México junto con Portugal y Corea fueron de los países miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) en los cuales se perdió superficie boscosa en el periodo 2010-2015 (FAO, 2015; Figura 2.10).

En México las estimaciones de 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). Las estadísticas de estos informes son retomados por la FAO en sus ediciones de la Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales (Forest Resources Assessment, FRA) años 2000, 2005, 2010 y 2015.

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



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, s₂ y s₁ 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". Los datos disponibles son hasta 2010, aunque la fuente fue consultada en 2015.

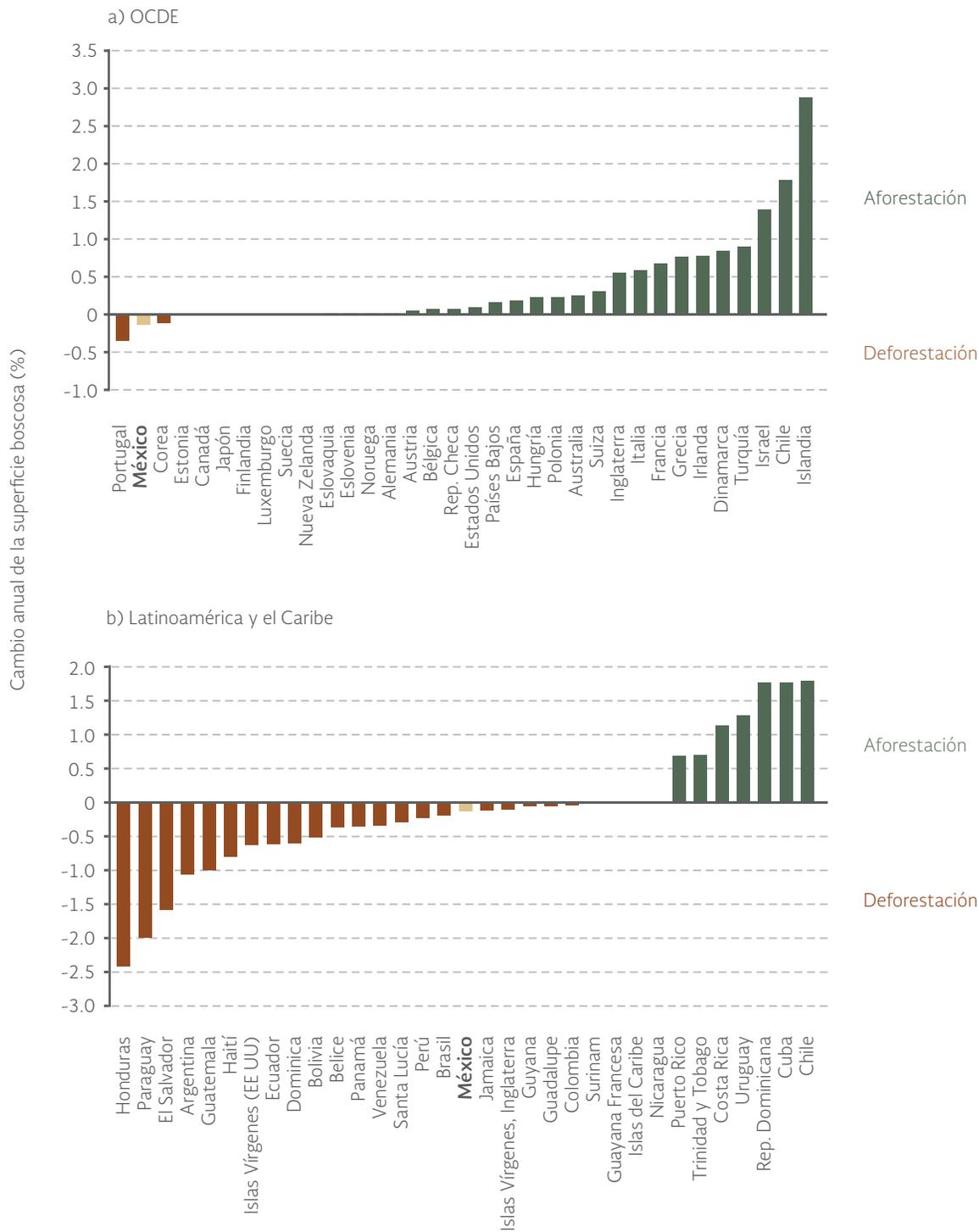
Fuentes:

Elaboración propia con datos de:

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

FAO. FAOSTAT. 2015. Disponible en: <http://faostat3.fao.org/download/F/FO/S>. Fecha de consulta: octubre de 2015.

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



Fuentes:
 Elaboración propia con datos de:
 FAO. Global Forest Resources Assessment 2015. FAO. Roma. 2015.
 FAO. FAOSTAT. 2015. Disponible en: <http://faostat3.fao.org/download/F/FO/S>. Fecha de consulta: octubre de 2015.

Las estimaciones están basadas en comparaciones espaciales de áreas o polígonos ocupados con vegetación forestal (Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, 2005) para los periodos 1990-2000 (empleando las Cartas de Uso del Suelo y Vegetación del INEGI, Series II y III) y 2005- 2011 (con base en las Series III, IV y V).

La estimación más reciente de la FAO (retomadas de los informes de Conafor) muestra que en el periodo 2000 y 2015 la tasa neta de deforestación fue de 121 mil hectáreas al año. De acuerdo a los informes de la FAO, se ha observado una tendencia en favor de la reducción en la superficie deforestada al año en México, entre 1990 y 2000 se perdían 354 mil hectáreas anuales, para el periodo 2000-2005 se redujo a 235 mil hectáreas por año; entre 2005 y 2010 se perdieron alrededor de 155 hectáreas anuales y para el periodo 2010-2015 la pérdida de bosques se estimó en 92 mil hectáreas anuales (Tabla 2.3).

La perturbación o alteración de una comunidad forestal por causas humanas, seguida de la deforestación (Brockway *et al.*, 2014; Kara y Loewenstein, 2015), son 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.

De lo anterior, 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 o el urbano). Es probable que una porción importante de los incendios en sitios con vegetación natural fueran provocados para después invadir los bosques en zonas protegidas por la ley o por las instituciones locales (para más detalles de los incendios forestales, ver la sección de **Otras amenazas a los ecosistemas** (ver recuadro **Deforestación y emisiones de GEI**). En la actualidad, cuando una superficie forestal se incendia, ésta puede recuperarse después de un tiempo debido a que las autoridades no permiten 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.

La alteración de las masas forestales es un proceso que no implica la remoción total de la cubierta arbolada, no obstante tiene efectos en la densidad de las especies y a nivel ecosistema puede provocar modificaciones en los servicios ambientales (Vargas-Larreta *et al.*, 2010; Brockway *et al.*, 2014; Kara y Loewenstein, 2015), y por tanto en el aprovechamiento sostenible (Figura 2.11). La deforestación y la alteración tienen efectos negativos sobre los bienes y servicios que provienen de los ecosistemas naturales. De la década de los setentas al 2011, la tasa anual de deterioro (considerando de forma conjunta la deforestación y la degradación) de los bosques y selvas fue de alrededor de 711 mil hectáreas por año, lo que representa poco más del triple de la tasa de deforestación *sensu stricto* para ese periodo (213 mil ha por año; Figura 2.12).

Actualmente la vegetación forestal secundaria cubre grandes extensiones del territorio nacional. Esta vegetación es producto tanto de la regeneración de sitios que fueron anteriormente deforestados, como del deterioro (sin remoción total de árboles) de la vegetación primaria.

Tabla 2.3 | Estimaciones de la deforestación anual en México para distintos periodos^{1,2}

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

Notas:

¹ Las estimaciones de la FAO sólo consideran las tierras boscosas, éstas 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 hectáreas. Los árboles deben tener una altura mínima de 5 metros 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:

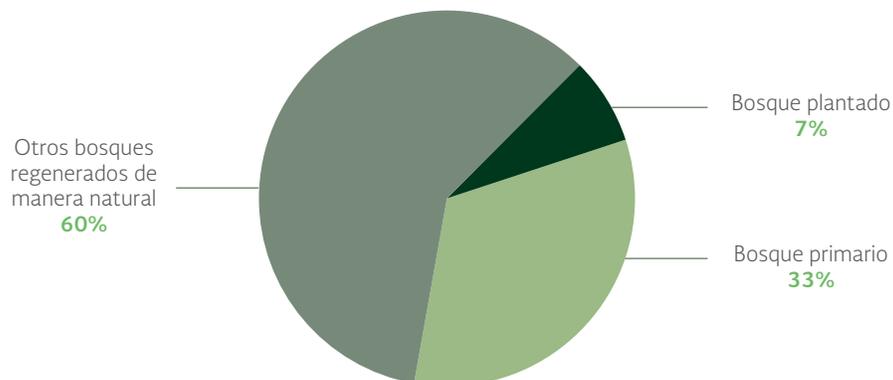
Elaboración propia con datos de:

FAO. FAOSTAT. 2015. Disponible en: <http://faostat3.fao.org/download/F/FO/S>. Fecha de consulta: octubre de 2015.

FAO. *Global Forest Resources Assessment, terms and definitions 2012*. FAO. Roma. 2012.

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

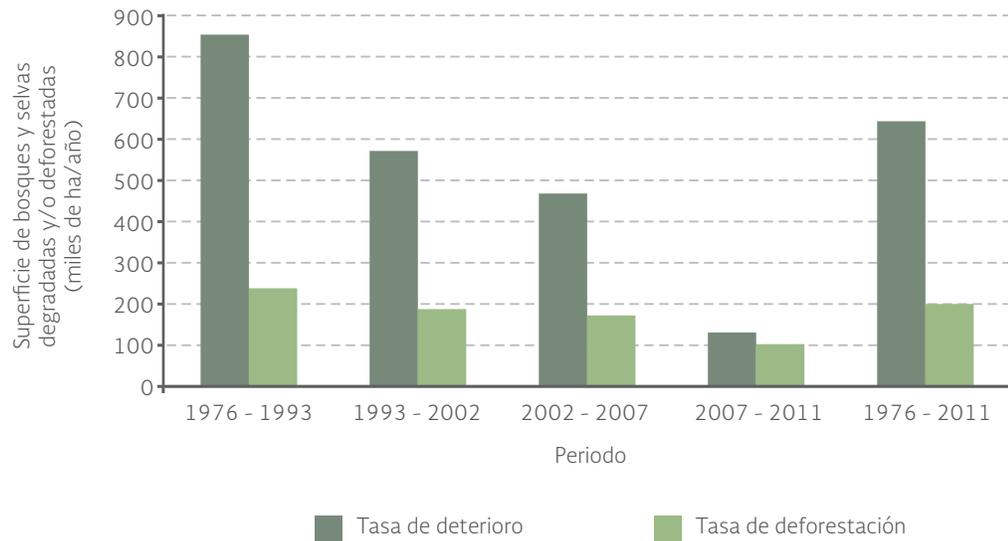
Figura 2.11 | Estado de los bosques del mundo, 2015



Fuente:

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

Figura 2.12 | Tasas de deforestación¹ y deterioro² anuales en México, 1976³ - 2011



Notas:

¹ Se calculó a partir de las Cartas de Uso del Suelo y Vegetación con base en el cambio neto de la superficie de bosques y selvas en los periodos correspondientes. Pueden diferir de las reportadas por la Conafor a la FAO por los criterios empleados para su cálculo.

² Incluye la pérdida de cubierta forestal y la degradación de la vegetación, (entendida como la transformación de superficies de vegetación primaria a secundaria), en áreas con ecosistemas forestales.

³ Los datos que se asignan para 1976 corresponden a las fotografías satelitales tomadas en su mayoría a lo largo de la década de los años setenta.

Fuentes:

Elaboración propia con datos de:

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.

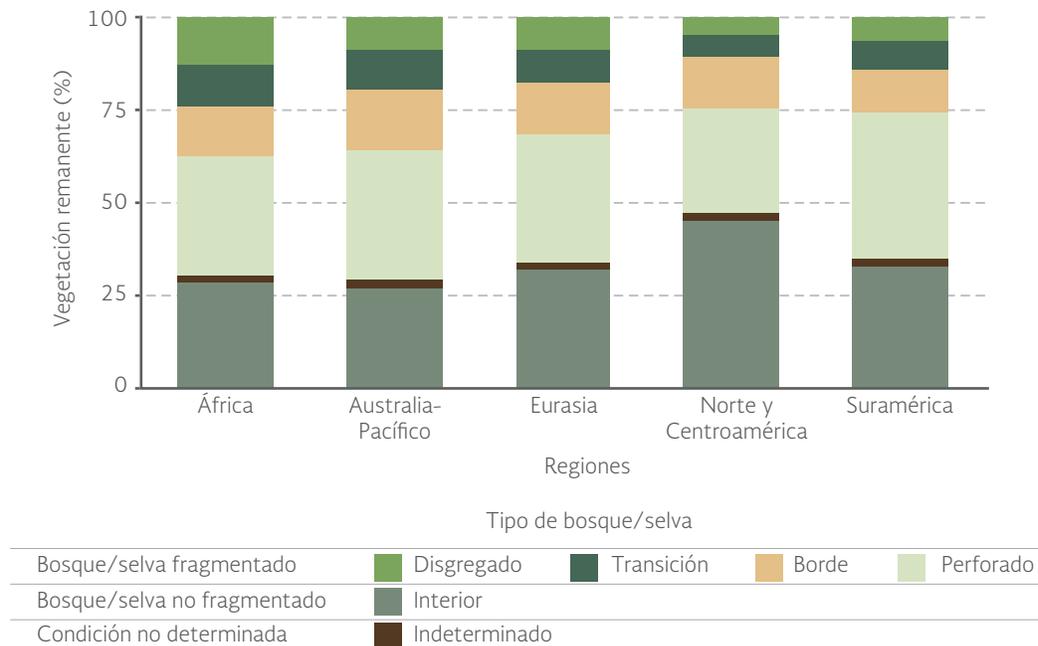
A diferencia de los bosques templados, en cada hectárea de selva coexisten decenas de especies diferentes de árboles, la mayoría de ellos no tienen un valor comercial, sólo algunas de ellas tienen valor para el mercado. Entre las especies de maderas preciosas en México se pueden mencionar a la caoba (*Swietenia*) y al cedro rojo (*Cedrela*). También es común que dentro de las selvas se dé la explotación de los árboles a través de la sustracción de sus ramas para obtener leña. La Ley de Desarrollo Forestal Sustentable prohíbe cortar leña en pie de forma clandestina, sin embargo, esta práctica subsiste debido a la necesidad de obtener combustibles. En 2014, alrededor del 18.6% de los habitantes del país utilizan leña o carbón para cocinar (Presidencia de la República, 2016) y aunque no se tiene una estimación precisa sobre la cantidad de leña per cápita consumida, se considera que la superficie de la que ésta se extrae debe ser importante. Aunado al daño producido por la extracción selectiva de maderas preciosas y la corta de leña en pie, el proceso de tala de un árbol y su posterior caída puede dañar entre el 30 y 50% de los individuos adyacentes (Kartawinata, 1979 en Challenger, 1998), provocando su muerte o haciéndolos más susceptibles al ataque de plagas y enfermedades. Esto sin considerar los efectos del claro sobre los procesos de sucesión vegetal.

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 conservan un menor número de especies nativas 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 de los fragmentos. Es importante considerar tal fenómeno cuando se pretende conservar la vida silvestre, por ello, no basta con conocer la superficie que abarca la vegetación, también es importante evaluar el estado o grado de continuidad de la misma.

No es lo mismo una selva de 100 mil hectáreas con cobertura continua, que una selva dividida en cien fragmentos de mil hectáreas cada uno separado por otros usos del suelo. De acuerdo a Ritters y colaboradores (2000), la fragmentación de las selvas y bosques a nivel mundial es alta, estos autores estimaron que sólo el 35% de la superficie arbolada no está fragmentada (con 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). Las selvas fueron los ecosistemas más fragmentados a nivel global (Figura 2.13).

Figura 2.13 | Vegetación remanente con fragmentación¹ en diferentes regiones del mundo, 2000



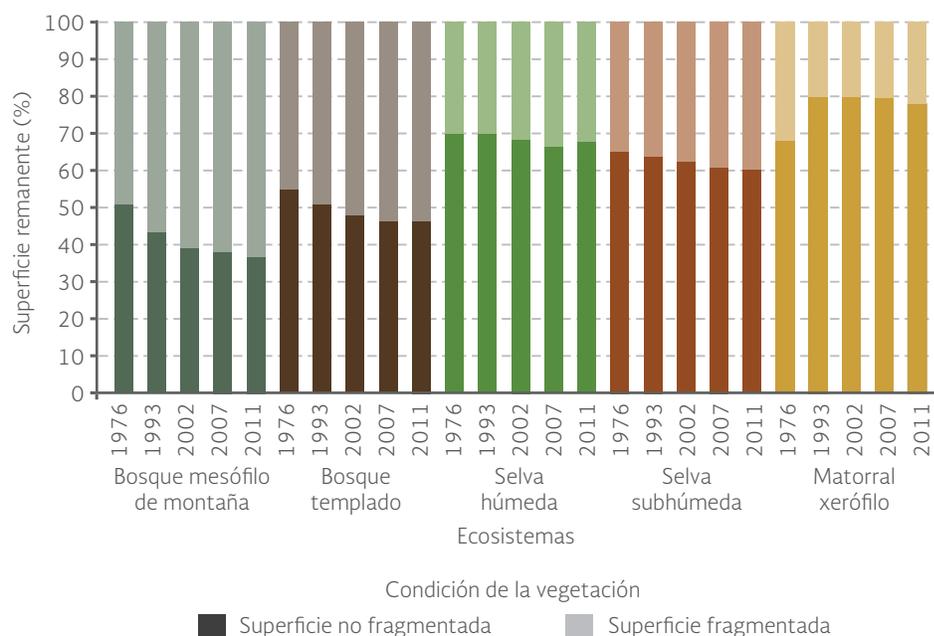
Nota:

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

Fuente:

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

Figura 2.14 | Fragmentación¹ de algunos ecosistemas terrestres en México, 1976 - 2011



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.

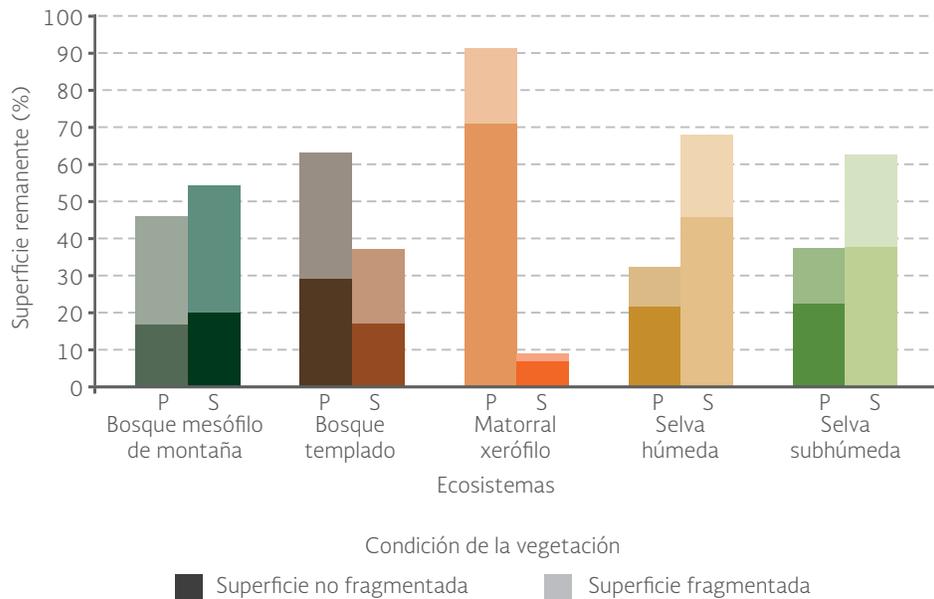
En el caso de México, para la estimación de la fragmentación de los ecosistemas forestales, se tomó como criterio de cálculo a aquellas superficies de vegetación natural menores a 80 kilómetros cuadrados; esta superficie se considera como la unidad mínima que permite mantener las condiciones ambientales adecuadas para que las poblaciones realicen sus funciones ecológicas (ver Sánchez-Colón y colaboradores, 2009).

En México, las cartas de Uso del Suelo y Vegetación de INEGI son la principal fuente para obtener estimaciones del grado de fragmentación de los ecosistemas terrestres. Aunque estas estimaciones son a escala 1: 250 000 y por tanto con poco detalle, dan una idea del grado de fragmentación de la vegetación natural.

De acuerdo a la Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie V, en el 2011 los bosques (incluyendo los templados y mesófilos de montaña) fueron los ecosistemas forestales más fragmentados del país: 54% de su superficie remanente (alrededor de 18.5 millones de ha) se dividía en fragmentos menores a 80 km². Al desagregar esta formación vegetal, se observa que el bosque mesófilo de montaña fue el tipo de vegetación forestal más fragmentado en ese año, alcanzando el 63.1% de su superficie remanente, es decir, 1.17 millones de hectáreas⁵ (Figura 2.14).

⁵ 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 2.15 | Grado de fragmentación¹ y condición de la vegetación de algunos ecosistemas terrestres en México, 2011



Nota:

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

P: Vegetación primaria

S: Vegetación secundaria

Fuente:

Elaboración propia con datos de:

INEGI. *Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie V (2011)*, escala 1: 250 000. INEGI. México. 2013.

Con relación a las selvas (32% húmedas y 40% subhúmedas) cerca de 11.8 millones de hectáreas presentan fragmentos menores de 80 km² (Figura 2.14). Por su parte los matorrales mostraron el menor grado de fragmentación, alrededor del 80% de su superficie (39 millones de ha) no mostraba señales de esta condición.

La fragmentación de los ecosistemas afecta a toda la vegetación natural (primaria y secundaria). Superficies extensas de vegetación primaria del país persisten en forma de fragmentos. Esta condición las hace susceptibles a la degradación, aún sin la intervención humana, en comparación a las superficies conservadas con mayor extensión. En el año 2011, la fragmentación de la vegetación primaria fue significativa para algunos ecosistemas, por ejemplo, el 29% de los bosques mesófilos primarios y 34% de los bosques templados primarios se clasificaría como fragmentados (Figura 2.15). Porcentajes menores se observan en las selvas húmedas y subhúmedas (11 y 15% de su superficie primaria, respectivamente) y los matorrales (20%).

DEGRADACIÓN DE MATORRALES

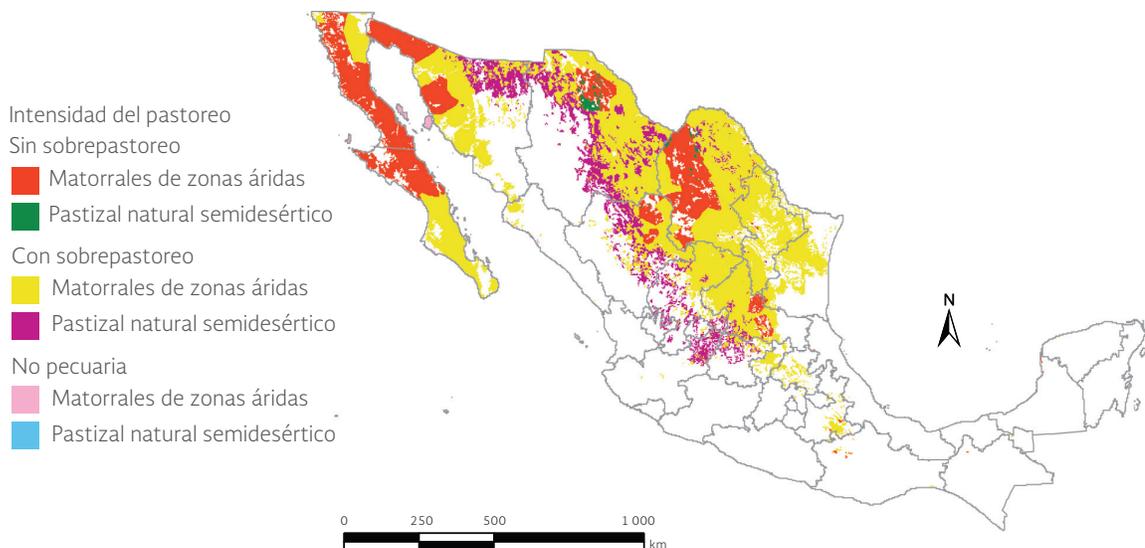
Los matorrales, huizachales y mezquiales que caracterizan a las zonas áridas de México también han sufrido un proceso de deterioro por causa de las actividades humanas. Aunque su tasa de degradación a otros usos del suelo es aún más difícil de evaluar (en comparación con la deforestación)

los inventarios nacionales muestran que esta formación vegetal es la que más lentamente ha sido transformada a otros usos del suelo, y por tanto es una de las comunidades que conserva una mayor proporción de su superficie como vegetación primaria (91.5% en el año 2011 según la Serie V; Figura 2.2).

No obstante lo anterior, en términos absolutos, el nivel de degradación de los matorrales no es despreciable. Los matorrales secundarios ocupan poco más de 43 mil kilómetros cuadrados, una extensión similar a la superficie de los estados de Yucatán o Quintana Roo.

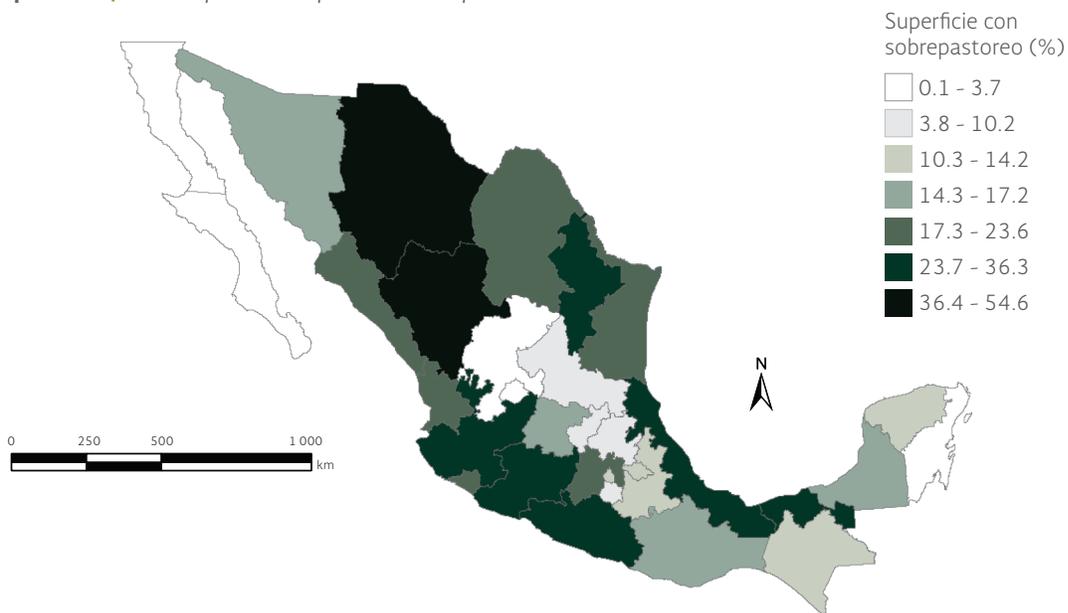
Los matorrales presentan gran diversidad de formas, aún dentro de un área reducida. Por esta razón cuando ocurre una alteración en un sitio, la vegetación alterada resultante puede ser considerada como natural en otro. Bajo estas condiciones es difícil deducir cómo era la vegetación primaria en un sitio determinado 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 varios municipios del territorio nacional, el número de cabezas de ganado sobrepasaba la capacidad de carga máxima de sus ecosistemas, el 70% de los matorrales están sobreexplotados y en franco proceso de degradación. Estas estimaciones son diferentes a las obtenidas de las Cartas de Uso del Suelo y Vegetación de las Series I, II, III, IV y V, las cuales muestran que 8% de matorrales son secundarios. 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. En este sentido, el sobrepastoreo afecta al 95% de los pastizales naturales de México que crecen en el norte árido de la república (Mapa 2.8).

Mapa 2.8 | *Intensidad de pastoreo en matorrales y pastizales naturales*



Fuente:
Dirección General de Ordenamiento y Conservación de Ecosistemas, INE, Semarnat. México. 2003.

Mapa 2.9 | Sobrepastoreo por entidad federativa, 2002



Fuente:

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

Con base en el estudio de la degradación del suelo causada por el hombre (Semarnat y CP, 2003), se realizó una estimación del nivel de sobrepastoreo por entidad federativa de México (Mapa 2.9). Este estudio mostró que la superficie afectada por sobrepastoreo alcanzaba en el año 2002 poco más de 47.6 millones de hectáreas (24% de la superficie nacional) y alrededor del 43% de la superficie dedicada a la ganadería en el país. Esto muestra que la degradación de los ecosistemas de las zonas áridas es aún incierta y se hace necesario realizar estudios específicos para estimar con precisión la superficie afectada y su magnitud.

La mayor parte de la superficie afectada por incendios forestales ha sido en pastizales, matorrales y vegetación arbustiva. La afectación de la vegetación natural por incendios muestra variaciones temporales importantes tanto en el tipo de vegetación como en la superficie afectada. En el periodo de 1998 a 2013, el 86% de la superficie total incendiada en el país ocurrió en pastizales y matorrales. En 2011 la superficie incendiada de matorrales, en el estado de Coahuila, alcanzó las 272 mil hectáreas, esta cantidad representa el 44.5% de la superficie incendiada a nivel nacional en ese año.

Cuando el clima promedio se hace más seco y las temperaturas aumentan, se ha observado el desplazamiento de especies de flora y fauna, que son sustituidas por especies típicas de zonas aún más áridas, en consecuencia el sitio se presenta más desértico que en su condición original; de aquí el término desertificar, “hacer desiertos”. La definición más aceptada de desertificación, propuesta por la Convención de las Naciones Unidas para la lucha contra la Desertificación (UNCCD, por sus siglas en inglés) es “la degradación de las tierras en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas como resultado de diferentes factores, incluyendo las variaciones climáticas y las actividades humanas”. La degradación afecta tanto a la cubierta vegetal como a los suelos que la soportan (véase la sección **El problema de la desertificación** en el capítulo de **Suelos**).

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 son los incendios, sequías, especies invasoras, plagas y enfermedades forestales y los eventos climáticos extremos o atípicos (Dale *et al.*, 2001). Bajo condiciones naturales, frecuentemente los ecosistemas son capaces de amortiguar los impactos y, después de un tiempo, volver 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 las actividades humanas, provocando daños severos a la estructura y algunas funciones del ecosistema.

Los incendios forestales se consideran una condición que ayuda a producir cambios en la estructura y dinámica de la comunidad vegetal (p. ej., 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 ocurren de forma natural, sobre todo en los bosques templados y algunos matorrales (Matthews *et al.*, 2000; SCBD, 2001c), 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 aquellos lugares con ocurrencia de incendios periódicos, éstos han disminuido (SCBD, 2001c; 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 se puede mencionar la pérdida y modificación del hábitat, así como la escasez de alimento (SCBD, 2001c; 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, 2001c; 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.

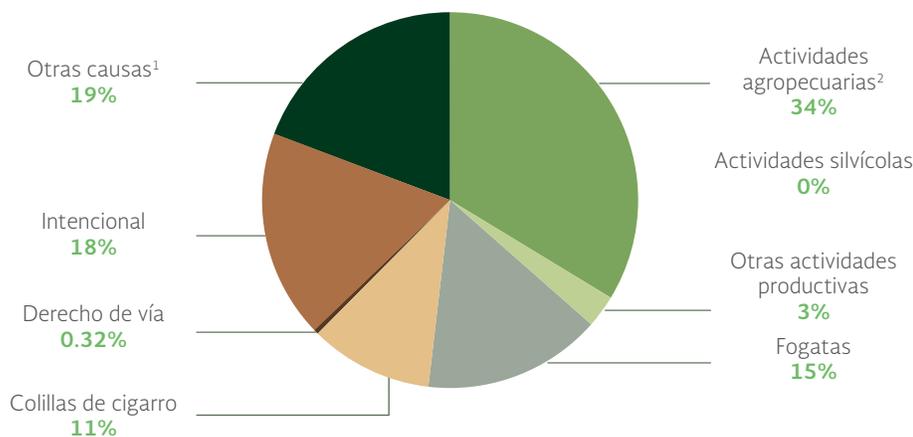
En el caso de los ecosistemas forestales sujetos a manejo o plantación, los efectos de los incendios pueden observarse en dos niveles: por un lado, en el deterioro y pérdida de los recursos maderables y, por otro, en el deterioro de la calidad del sitio donde se han establecido. El calor del fuego produce 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 el fuego puede iniciar procesos de sucesión en favor de especies más competitivas o en el peor de los casos hacer a las poblaciones susceptibles al ataque de plagas y enfermedades forestales (Matthews *et al.*, 2000; Castillo *et al.*, 2003). El resultado final es la reducción o hasta la pérdida de la producción forestal, con consecuencias económicas y sociales, sobre todo para las sociedades locales que dependen de su explotación.

A nivel mundial, las principales causas que originan los incendios forestales 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, entre otras causas. En México, en el 2014, las principales causas de los incendios forestales fueron las quemas no controladas durante las actividades agropecuarias (34%), seguidas por los incendios intencionales (18%) y las fogatas no controladas (15%; Figura 2.16).

En México, el número de incendios ocurridos y la superficie siniestrada se han mantenido sin una tendencia clara a lo largo de los últimos veinte años (Figura 2.17). Entre 1991 y 2015, el promedio anual de incendios fue de 8 024 eventos, con una superficie siniestrada promedio de cerca de 262 mil hectáreas. En ese periodo, algunos años destacaron por la frecuencia e intensidad de los incendios, fue el caso de los años 1998 y 2011. En estos años, se registraron 14 445 y 12 113 incendios, respectivamente, con una superficie total afectada de entre 850 mil y 936 mil hectáreas, respectivamente. Esta superficie fue de más de tres veces el promedio anual siniestrado entre 1991 y 2015.

Figura 2.16 | Causas de los incendios forestales en México, 2014



Notas:

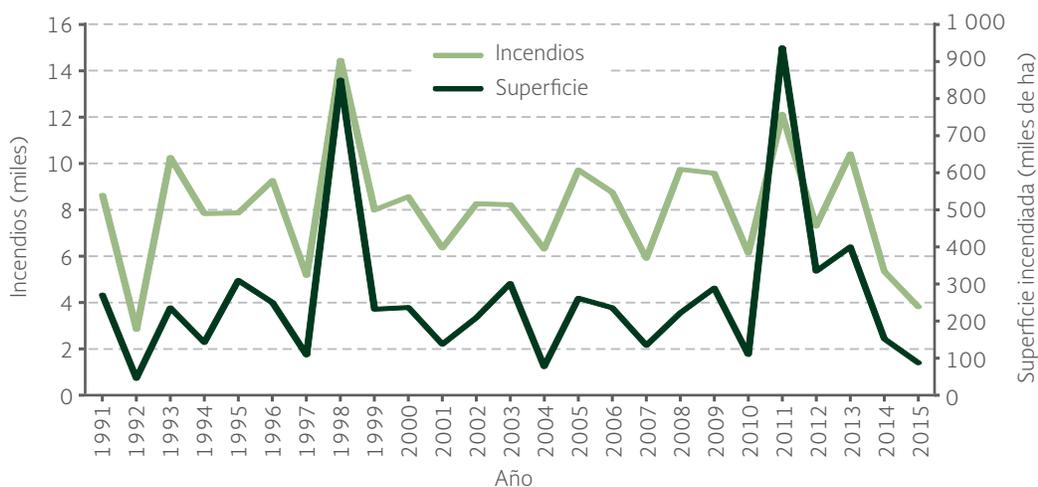
¹ Otras causas incluye: descargas eléctricas, cultivos ilícitos, quema de basureros, cazadores furtivos, entre otras.

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

Fuente:

Gerencia de Incendios Forestales. Conafor, Semarnat. México. Junio 2015.

Figura 2.17 | Incendios forestales y superficie afectada en México, 1991 - 2015¹



Nota:

¹ Los datos de 2015 son hasta el mes de agosto.

Fuentes:

Gerencia de Incendios Forestales. Conafor, Semarnat. México. Agosto de 2015.

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

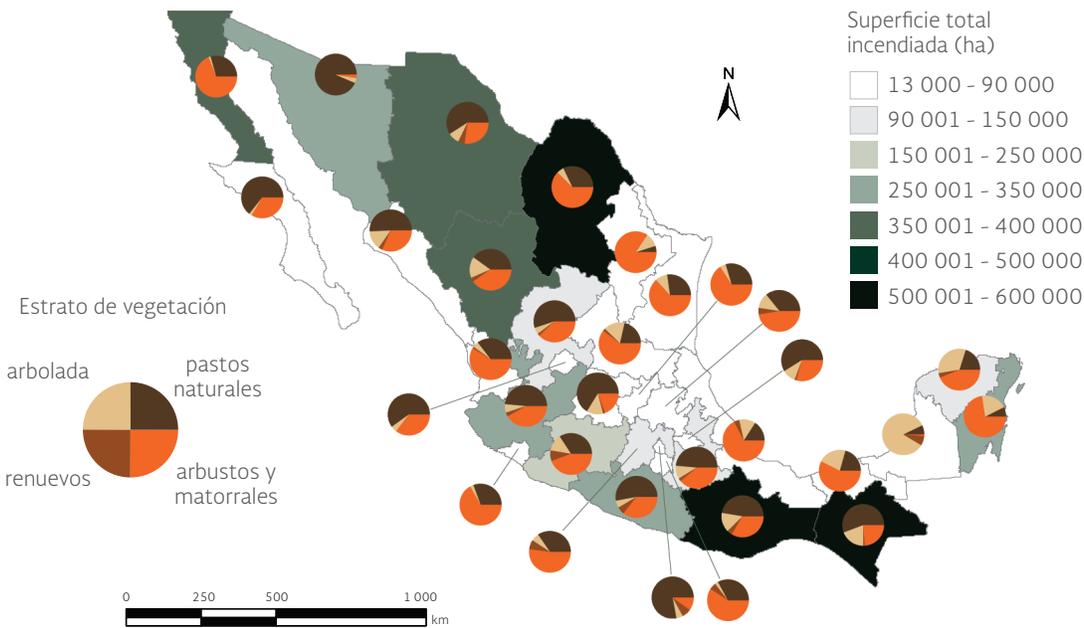
A nivel de entidad federativa, los estados que registraron las mayores superficies afectadas por incendios fueron Oaxaca (alrededor de 590 mil ha; 11.1% del total nacional del periodo 1991 a 2015), Coahuila (583 mil ha; 10.9%) y Chiapas (500 mil ha; 9.4%, Mapa 2.10; [Cuadro D3_RFORESTA05_02](#)). Con relación al estrato de la vegetación, el mayor porcentaje correspondió a los pastizales y el estrato arbustivo, seguidos por la vegetación arbolada. En el año 2015, los porcentajes para estos tipos de vegetación fueron 46, 44 y 11%, respectivamente (Figura 2.18; [Cuadro D3_RFORESTA05_03](#)).

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 una de las principales causas de disturbio en los bosques templados. En México se tiene registro de alrededor de 70 especies de insectos y patógenos que afectan al arbolado del país, algunas de las cuales se muestran en la Tabla 2.4.

De acuerdo con el monitoreo periódico que realiza la Semarnat de las zonas forestales del país, en el periodo 1990-2014, el promedio de la superficie afectada al año por plagas y enfermedades forestales fue de 50 483 hectáreas. De esta superficie, la mayor parte correspondió a los descortezadores (39%), seguidos por los muérdagos (32%), defoliadores (19%) y barrenadores (6%; Figura 2.19). En este periodo, los estados con mayor superficie promedio afectada por enfermedades forestales fueron Chihuahua (5 235 ha anuales), Durango (4 991 ha), Oaxaca (4 586 ha), Nuevo León (3 208 ha), Jalisco (3 028 ha) y Aguascalientes (2 771 ha; Mapa 2.11).

Mapa 2.10 | Superficie estatal incendiada y por estrato de vegetación, 1998 - 2015^{1,2}



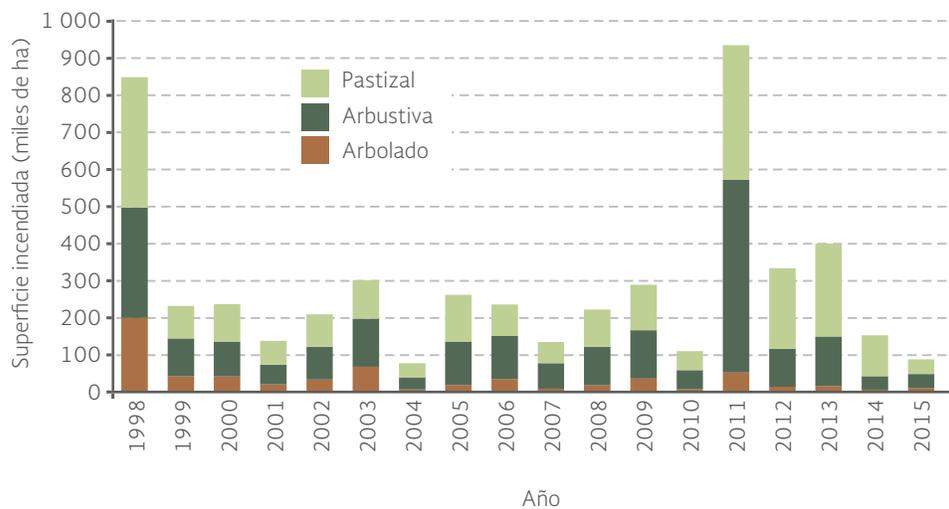
Notas:

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 2015 son al mes de agosto.

Fuentes:

Conafor, Semarnat. México. 2012.
 Gerencia de Incendios Forestales. Conafor, Semarnat. México. Agosto 2015.
 Semarnap. *Anuario Estadístico de la Producción Forestal 1998, 1999*. Semarnap. México. 1999-2000.

Figura 2.18 | Superficie afectada por incendios forestales según estrato de vegetación, 1991 - 2015¹



Nota:

¹ Los datos de 2015 son hasta el mes de agosto.

Fuentes:

Gerencia de Incendios Forestales. Conafor, Semarnat. México. Agosto de 2015.
 Semarnap. *Anuario Estadístico de la Producción Forestal 1997, 1998, 1999*. 1a. edición. Semarnap. México, 1998-2000.

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>Apogonia 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>Pityophthorus</i> sp.	Barrenador de ramillas	Bosque templado
<i>Scolytus</i> sp.	Descortezador	Bosque templado
<i>Zadiprion falsus</i>	Mosca sierra mayor	Bosque templado

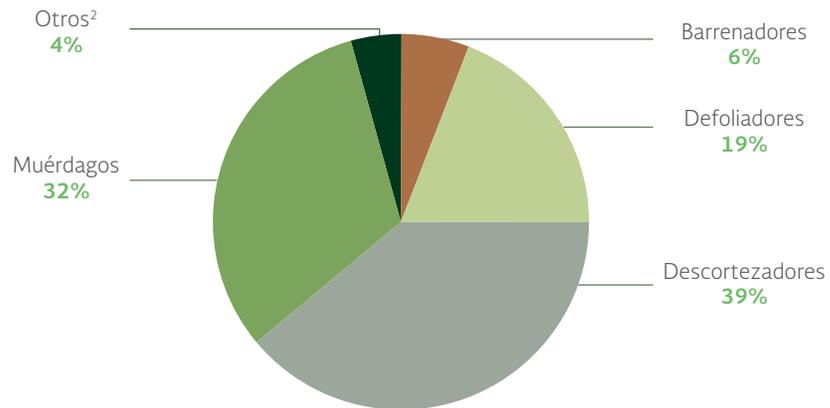
Tabla 2.4 | Principales plagas forestales de importancia económica y ecológica en México (conclusión)

<i>Especie</i>	<i>Nombre común</i>	<i>Tipo de vegetación afectada</i>
<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 sp.</i>	Muérdago verdadero	Bosque de pino-encino, vegetación urbana
<i>Phoradendron villosum</i>	Muérdago verdadero	Bosque de pino-encino, vegetación urbana
<i>Psittacanthus spp.</i>	Muérdago verdadero	Bosque de pino-encino, vegetación urbana
<i>Struthanthus quercicola</i>	Muérdago verdadero	Bosque de pino-encino, vegetación urbana
<i>Struthanthus sp.</i>	Muérdago verdadero	Bosque de pino-encino, vegetación urbana
<i>Tillandsia recurvata</i>	Heno motita	Bosque de pino-encino, vegetación urbana
<i>Cladocolea sp.</i>	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 spp.</i>	Hormiga arriera	Plantaciones forestales
<i>Chrysobothris sp.</i>	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>	Defoladores y chupadores	Selva baja y mediana
<i>Malacosoma sp.</i>	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

Fuentes:

Gerencia de Sanidad Forestal. Conafor, Semarnat. México. Junio 2015.
 Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos, Semarnat. México. 2012.

Figura 2.19 | Superficie afectada por plagas y enfermedades forestales, 1990 - 2014¹



Notas:

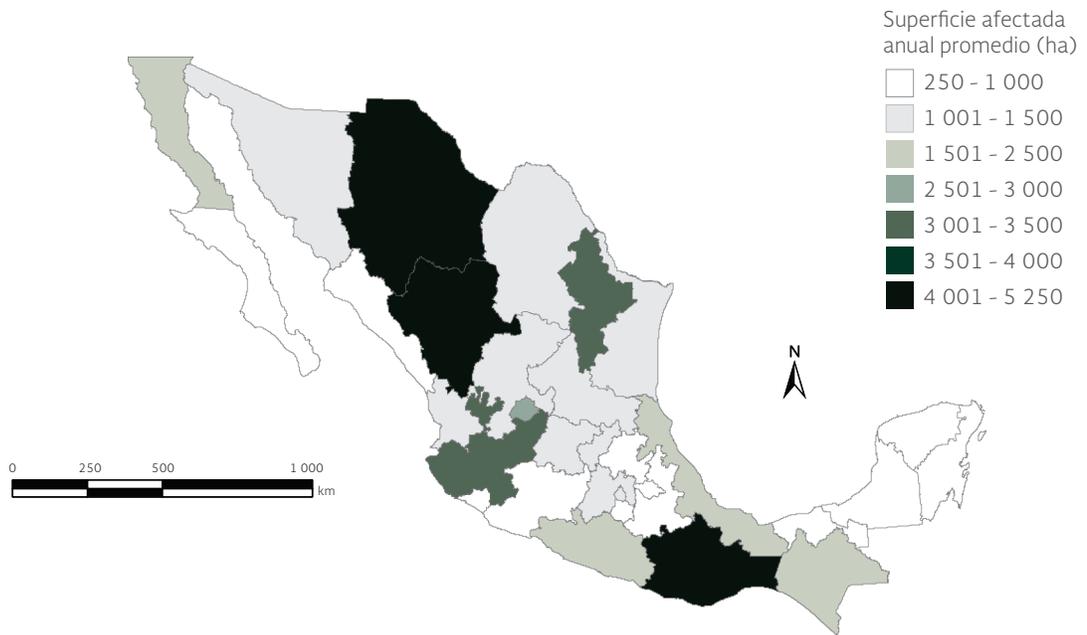
¹ Los datos anteriores a 2003 para enfermedades vasculares, de raíz y conos no se incluyen debido a que anteriormente a este año no se diagnosticaban.

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, Semarnat. México. Junio 2015.

Mapa 2.11 | Superficie afectada por plagas y enfermedades forestales por entidad federativa, 1900 - 2014¹



Nota:

¹ Los datos anteriores a 2003 para enfermedades vasculares, de raíz y conos no se incluyen debido a que anteriormente a este año no se diagnosticaban.

Fuente:

Gerencia de Sanidad Forestal. Conafor, Semarnat. México. Junio 2015.

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 sobre la demanda de recursos locales para el desarrollo de viviendas, industria, vías de comunicación y 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 a la construcción de ciudades verticales en vez de horizontales.

POBLACIÓN

En general, cuando una mayor proporción de la población de un país se dedica a actividades primarias existe una relación positiva e intensa entre el tamaño de población y la superficie dedicada a actividades agropecuarias. En el caso de México, la relación fue más estrecha durante la década de los cincuenta, pero cambió cuando inició el plan de desarrollo estabilizador, el cual contemplaba dar mayor apoyo a las actividades industriales en detrimento de las actividades agropecuarias intensivas (ver el recuadro **La inercia del pasado** en la edición 2002 del **Informe**). Una de las consecuencias negativas del desarrollo estabilizador fue la explosión demográfica observada a principios de la década de los setenta y la migración de campesinos a las ciudades más importantes del país, lo cual originó cambios en la estructura de ocupación de la población y en los usos del suelo (p. ej., aparecieron varios asentamientos irregulares en la periferia de las ciudades). Aunque una mayor proporción de la población dejó de dedicarse a las actividades primarias y por tanto se observó una disminución de la cantidad de suelo empleada para la agricultura y ganadería, ha persistido (en menor medida en fechas recientes) la transformación de los usos del suelo forestal hacia actividades agropecuarias.

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 2010, la superficie agrícola cultivada en México se mantuvo constante, entre 18 y 23 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 estos años no se estuvieran abriendo nuevas tierras al cultivo.

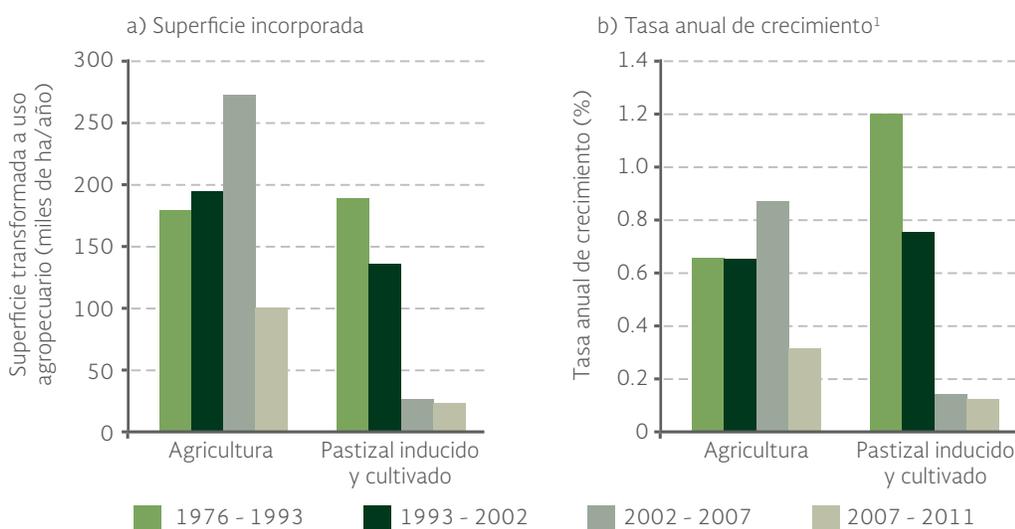
Según las cartas de Uso del Suelo y Vegetación del INEGI persiste la transformación de terrenos con vegetación natural a usos agropecuarios, aunque en los últimos años ha disminuido su ritmo. Entre 2002 y 2007 se transformaban alrededor de 272 mil hectáreas por año, mientras que para el periodo de 2007 a 2011 se observó una reducción a 101 mil hectáreas por año (Figura 2.20a). En el periodo de 2002 a 2011, de la vegetación natural transformada en tierras agrícolas, 34% provino

de selvas subhúmedas, 26% de matorrales xerófilos, 16% de bosques templados, 14% de pastizales naturales y 9% de selvas húmedas. También el crecimiento de las áreas destinadas a la ganadería (los pastizales cultivados o inducidos) se ha reducido: el promedio anual de transformación entre 2007 y 2011 fue poco más de siete veces menor que el observado entre 1976 y 1993 (Figura 2.20b).

La ganadería se practica en todos los estados del país. Según los datos de la Comisión Técnico Consultiva de Coeficientes de Agostadero (Cotecoca, 2004 y 2015), casi 110 millones de hectáreas⁶, cerca del 55% de la superficie total de la república, tenía un uso pecuario. Considerando esta estimación y tomando en cuenta que para el año 2011 los pastizales inducidos y cultivados cubrían cerca de 19 millones de hectáreas (cerca de 10% del país), entonces las restantes 91 millones de hectáreas de superficie ganadera debían ubicarse en vegetación natural. Esto implicaría que alrededor de 49 millones de hectáreas de vegetación natural (35% de la superficie remanente) podrían estar libres de actividades ganaderas (Figura 2.21).

A nivel estatal, según la Cotecoca, las proporciones relativas mayores de superficies ganaderas se registran 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%), Distrito Federal (11%) y Nayarit (14%; Mapa 2.12 y

Figura 2.20 | Superficie incorporada al uso agropecuario y tasa de crecimiento anuales en México, 1976 - 2011



Nota:

¹ Se calculó con la fórmula $r = (((s_2/s_1)^{(1/t)}) \times 100) - 100$, 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:

Elaboración propia con datos de:

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.

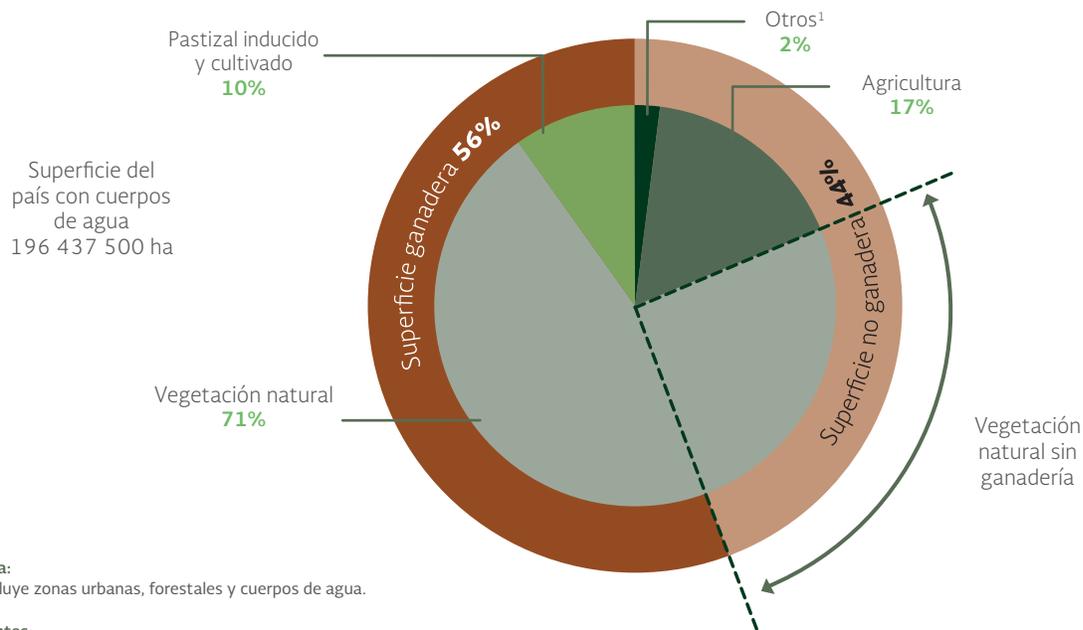
INEGI. *Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie III (2002)*, escala 1: 250 000 (Continuo Nacional). INEGI. México. 2005.

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.

⁶ Los datos citados corresponden al año 1994, la información fue revisada en 2009 por Cotecoca, la cual determinó que no era necesaria su actualización.

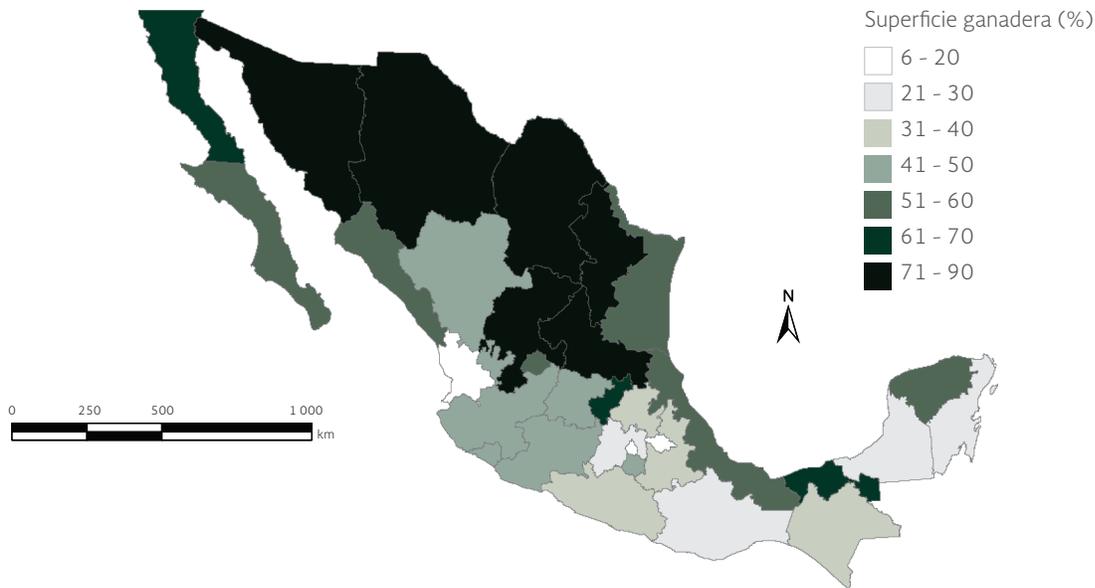
Figura 2.21 | Superficie ganadera y usos del suelo en México, 2011



Fuentes:

Elaboración propia con datos de:
Cotecoca, Sagarpa. *Monografías de Coeficientes de Agostadero, años 1972-1981*. Cotecoca, Sagarpa. México. 2004.
INEGI. *Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie V (2011), escala 1: 250 000*. INEGI. México. 2013.

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, Sagarpa. *Coeficientes de agostadero*. Cotecoca, Sagarpa. México. Junio 1999.
Cotecoca, Sagarpa. *Coeficientes de agostadero, abril 2015*. Cotecoca, Sagarpa. México. 2015.
Sagarpa. *Sistema Integral de Información Agroalimentaria y Pesquera, Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON), 1980-2014*. Sagarpa. México. Fecha de consulta: septiembre de 2015.

Mapa 2.13; Cuadro D2_AGRIGAN04_02). Al respecto, se ha observado una reducción en el número de cabezas de ganado durante las últimas dos décadas. En 1980 se registraron 67.6 millones de cabezas (considerando al ganado bovino, caprino, ovino y porcino), mientras que en 2014 se registraron 3.7 millones de cabezas menos (63.9 millones). El descenso neto más marcado, en el periodo; se observó en el ganado bovino, que disminuyó de 34.6 millones de cabezas a 30.5 millones (12%); por su parte, el número de ovejas aumentó 32% con respecto a 1980 y el de cabras se redujo 10% (Figura 2.22).

Mapa 2.13 | Grado de sobrepastoreo por entidad federativa, 2014¹



Notas:

- 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.

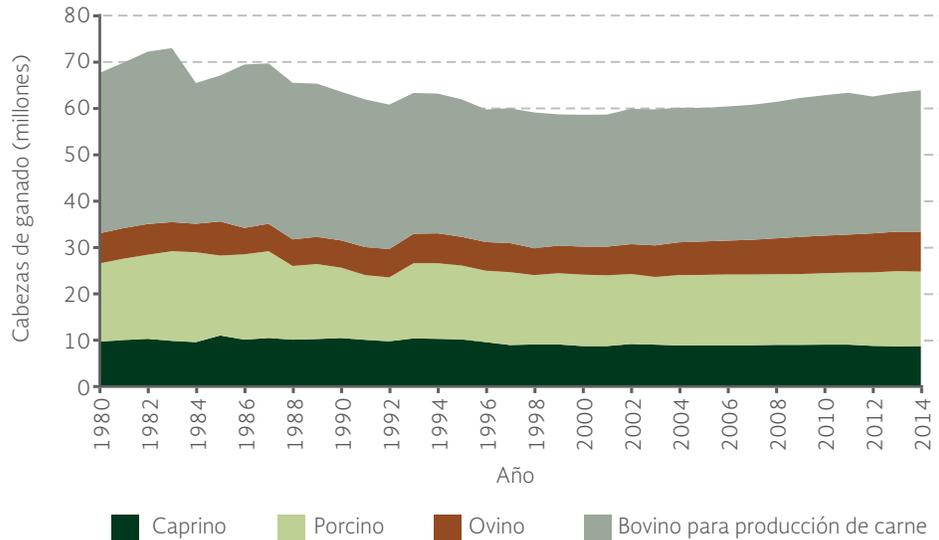
Fuentes:

- Cotecoca, Sagarpa. Elaborado a partir de: Cotecosa, SARH. Memorias de Coeficientes de Agostadero, años 1972-1986. México. 2004.
- Cotecoca, Sagarpa. *Coeficientes de agostadero, abril 2015*. Cotecoca, Sagarpa. México. 2015.
- Sagarpa. *Sistema Integral de Información Agroalimentaria y Pesquera, Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON), 1980-2014*. Sagarpa. México. Fecha de consulta: septiembre de 2015.

URBANIZACIÓN

Aunque a escala nacional la superficie urbana es proporcionalmente pequeña, se trata del uso del suelo que más rápido ha crecido en algunas regiones del país. Para el año 2011, la superficie urbana y de asentamientos humanos ya era de 1.85 millones de hectáreas, es decir, el 0.94% de la superficie nacional. Las zonas urbanas se asientan en tierras planas, algunas de las cuales fueron zonas agrícolas abandonadas al dejar de ser productivas. El impacto directo de las ciudades se

Figura 2.22 | Población de ganado bovino, caprino, ovino y porcino en México, 1980 - 2014



Fuente: Sagarpa. Sistema Integral de Información Agroalimentaria y Pesquera, Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON). Sagarpa. México. 1980-2015.

diluye a nivel local (áreas conurbadas); sin embargo, de forma indirecta, afectan los usos del suelo de grandes extensiones de tierra, cuyos recursos son explotados para satisfacer las necesidades de alimentos, madera, disposición de residuos de las ciudades, entre otros (ver el capítulo de **Población y medio ambiente**).

USO DE LOS RECURSOS NATURALES DE LOS ECOSISTEMAS TERRESTRES

La vegetación natural 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 los humanos proviene de plantas y animales domesticados, sin embargo, esto no significa que su dependencia de la vida silvestre sea poca o nula, por ejemplo, una proporción importante de la población, en particular en situación de pobreza y que habita en zonas rurales, sigue utilizando leña como fuente de combustible. En países en desarrollo, miles de sus habitantes obtienen gran parte de su dieta a partir de la pesca o la caza. En estos países es común que el humano no intervenga en la producción o crianza de los organismos que consume, sino que los obtenga del medio silvestre.

Esta sección se enfocará 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 de **Biodiversidad**.

Los bosques y selvas brindan diversos servicios ambientales a la sociedad: por un lado se encuentran los productos maderables, que se refieren a la madera para la producción de escuadría

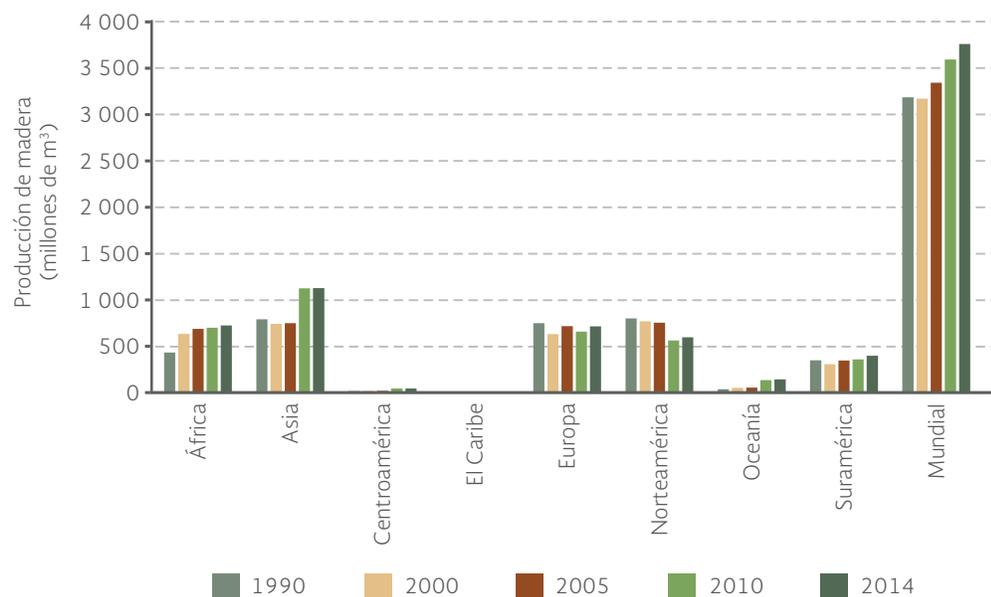
(tablas, tablonés, vigas y materiales de empaque), papel, chapa, triplay y leña para la generación de energía; por otro lado están los productos no maderables, que incluyen a la tierra de monte, resinas, fibras, ceras, frutos y plantas vivas, ente otros (SCBD, 2001a y b).

RECURSOS FORESTALES MADERABLES

Entre 1990 y 2014, la producción mundial de madera se mantuvo relativamente constante, con volúmenes mayores a los 3 mil millones de metros cúbicos por año, esto incluye la madera en rollo para uso industrial y la leña que se usa para generar energía (Figura 2.23). En 2014 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) 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, es el caso de los países de el Caribe y Europa (-0.2% cada uno) y Norteamérica (-1.2%).

En 2014, los mayores productores de madera en rollo fueron Estados Unidos (19% de la producción global), la Federación de Rusia (10%), China (9%), Canadá y Brasil (cada uno con 8%, Figura 2.24). Los países mencionados, en conjunto, contabilizaron el 53% de la producción mundial de madera de ese año, mientras que México contribuyó con sólo el 0.28%.

Figura 2.23 | Producción mundial de madera¹ según región, 1990 - 2014



Nota:

¹ Incluye madera industrial en rollo y leña.

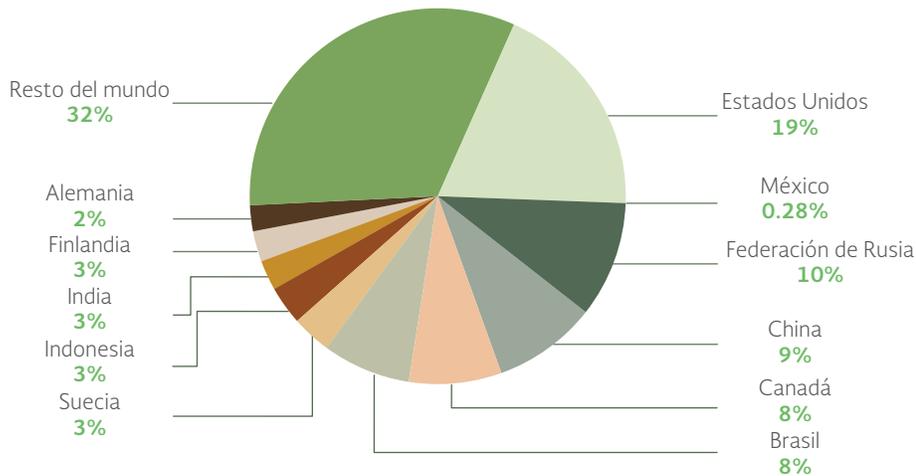
Fuentes:

Elaboración propia con datos de:

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

FAO. FAOSTAT. 2015. Disponible en: <http://faostat3.fao.org/download/F/FO/S>. Fecha de consulta: octubre de 2015.

Figura 2.24 | Contribución a la producción forestal mundial, según país, 2014



Fuentes:

Elaboración propia con datos de:

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

FAO. FAOSTAT. 2015. Disponible en: <http://faostat3.fao.org/download/F/FO/S>. Fecha de consulta: octubre de 2015.

Las existencias maderables de un país dependen principalmente de la extensión en superficie de sus bosques y selvas, pero también es determinante la cantidad de madera que acumulan por unidad de superficie, lo cual está relacionado con las condiciones y recursos del lugar o la calidad del sitio⁷ (p. ej., los bosques templados en general acumulan más madera por unidad de área) y del manejo que se da a la vegetación. Los países con las mayores existencias de madera son la Federación de Rusia, Estados Unidos, Brasil e Indonesia. México se encuentra entre los países que tienen menores existencias por hectárea si se le compara con los países que pertenecen a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) y con algunos países de América Latina (Figura 2.25).

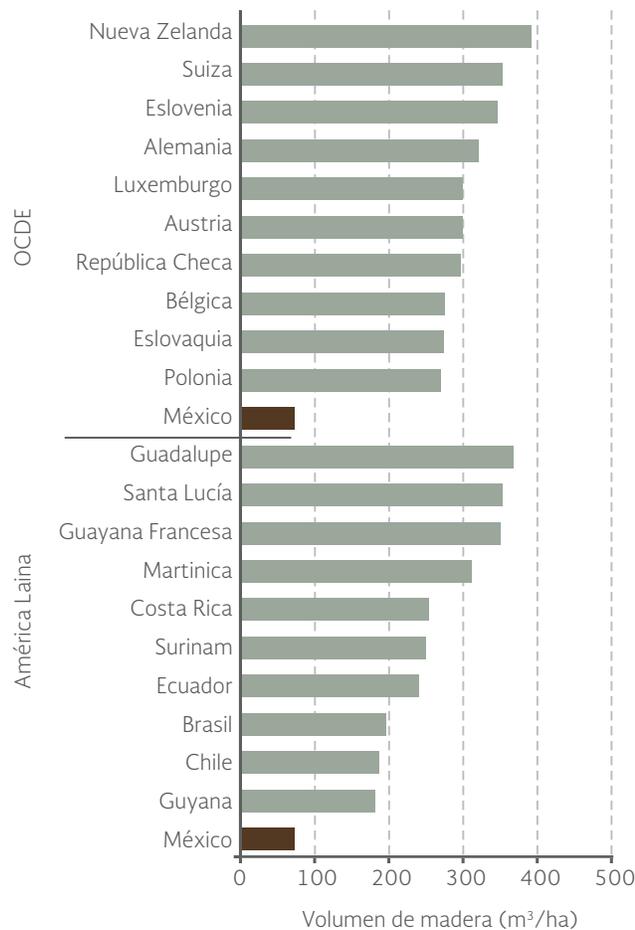
EXISTENCIAS MADERABLES NACIONALES

El gobierno de México ha realizado, a la fecha, cuatro inventarios forestales nacionales. Estos inventarios, sin embargo, no son comparables en sus resultados debido a los métodos empleados, por lo que no es posible hacer evaluaciones de los cambios temporales en las existencias de recursos maderables existentes en el país. El primer inventario se realizó entre los años 1961 a 1985 y utilizó fotografías aéreas y datos obtenidos de muestreos de campo intensivos. El segundo, el Inventario Nacional Forestal de Gran Visión de 1991, fue el primero en contener información a escala nacional 1: 1 000 000; para su elaboración se emplearon imágenes de satélite de resolución alta y baja, así como cartografía temática existente. El tercer inventario, conocido como el Inventario Nacional

⁷ 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).

Forestal Periódico, publicado en 1994, utilizó imágenes de satélite de mediana resolución e información de datos levantados en parcelas de muestreo distribuidas sistemáticamente; con ellos se generaron mapas del territorio en escala 1: 250 000 en los cuales se zonificaron los terrenos forestales según su aptitud y estructura. Para el último de los inventarios, el Inventario Nacional Forestal y de Suelos (INFyS) 2004-2009, se realizaron muestreos de campo directos sobre un arreglo simétrico. 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 de ellos integrado por cuatro sitios (circulares o rectangulares de 400 m²); esto quiere decir que se establecieron más de 80 mil sitios ubicados en todos los tipos de vegetación de México. Los datos obtenidos del muestreo incluyen información de altura de los estratos, diámetro de los troncos, identidad de las especies, características del suelo, entre un total de 112 variables registradas. El análisis de estas variables ha hecho posible tener estimaciones confiables del volumen de madera por comunidad y especie, la diversidad alfa y beta, aproximaciones a curvas de crecimiento y rendimiento por ecosistemas y formación vegetal muestreada, entre otras.

Figura 2.25 | México en el mundo: existencias de madera por hectárea en bosques, 2015



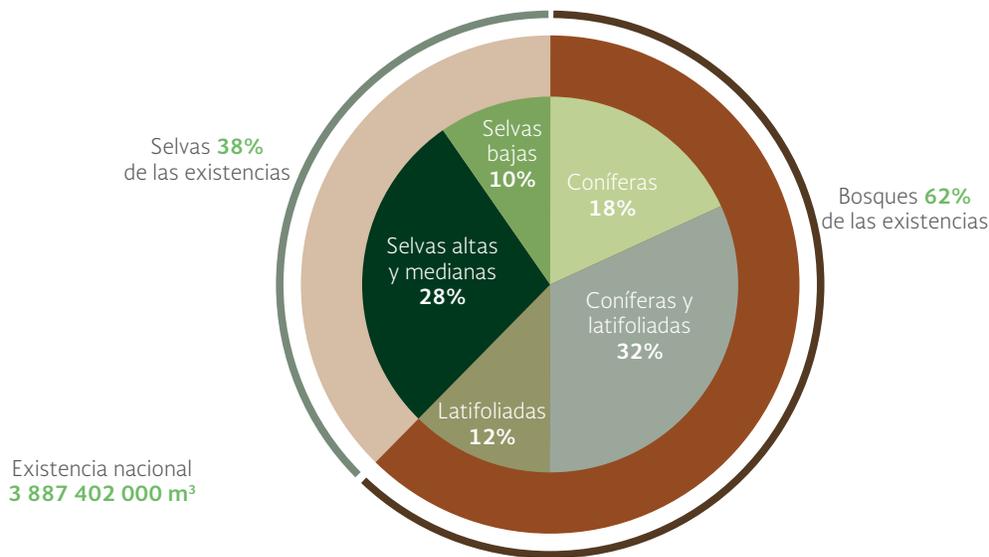
Fuentes:
 Elaboración propia con datos de:
 FAO. *Forest Resources Assessment 2015*. FAO, Roma, 2015.
 FAO. FAOSTAT, 2015. Disponible en: <http://faostat3.fao.org/download/F/FO/S>. Fecha de consulta: octubre de 2015.

De acuerdo al INFyS, entre 2004 y 2007 el país contaba con alrededor de 3 887 millones de metros cúbicos de madera en rollo en pie en las selvas y bosques, en una superficie de cerca de 63.4 millones de hectáreas. Del total de madera, el mayor porcentaje se concentraba en los bosques⁸ (62% del total, alrededor de 2 424 millones de m³), el restante en las selvas (38%, equivale a 1 463 millones de m³; Figura 2.26).

Los depósitos más importantes de madera en rollo en el país se encuentran en los bosques mixtos de coníferas y latifoliadas (asociaciones de pino-encino o encino-pino), con alrededor del 32% del volumen total nacional (1 240 millones de metros cúbicos; Figura 2.26). Les siguen las selvas altas y medianas (28%, poco más de 1 000 millones de m³), los bosques de coníferas (18%, alrededor de 707 millones de m³) y los bosques de latifoliadas (12%, 477 millones de m³).

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 100 metros cúbicos por hectárea (Mapa 2.14). Los bosques de Oaxaca, Chiapas y Guerrero también cuentan con grandes existencias. 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 de 60 metros cúbicos por hectárea (Mapa 2.14).

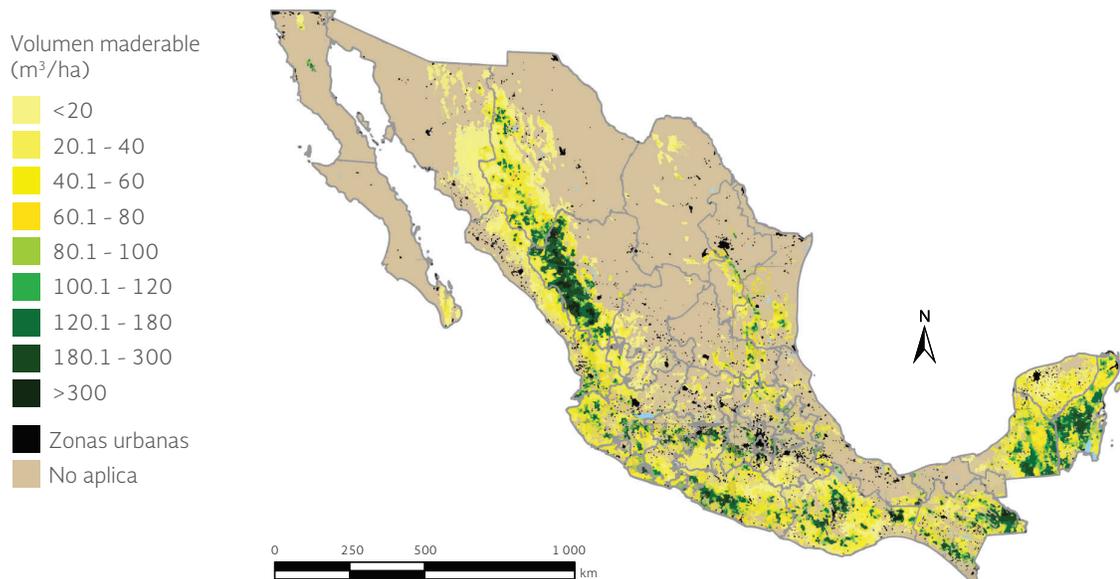
Figura 2.26 | Existencias maderables en bosques y selvas en México, 2004 - 2009



Fuente: Conafor. *Inventario Nacional Forestal y de Suelos. Informe 2004-2009*. Conafor. México. 2011.

⁸ En el Inventario la categoría bosques incluye a las masas forestales compuestas por coníferas, latifoliadas y la mezcla de ambas. Esta categoría agrupa a los tipos de vegetación que en este informe se clasifica como bosques templados y bosque de galería. En cuanto a selvas, el Inventario no considera al matorral subtropical, al cual este informe ubica dentro de la categoría selvas.

Mapa 2.14 | Volumen maderable en México, 2004 - 2009



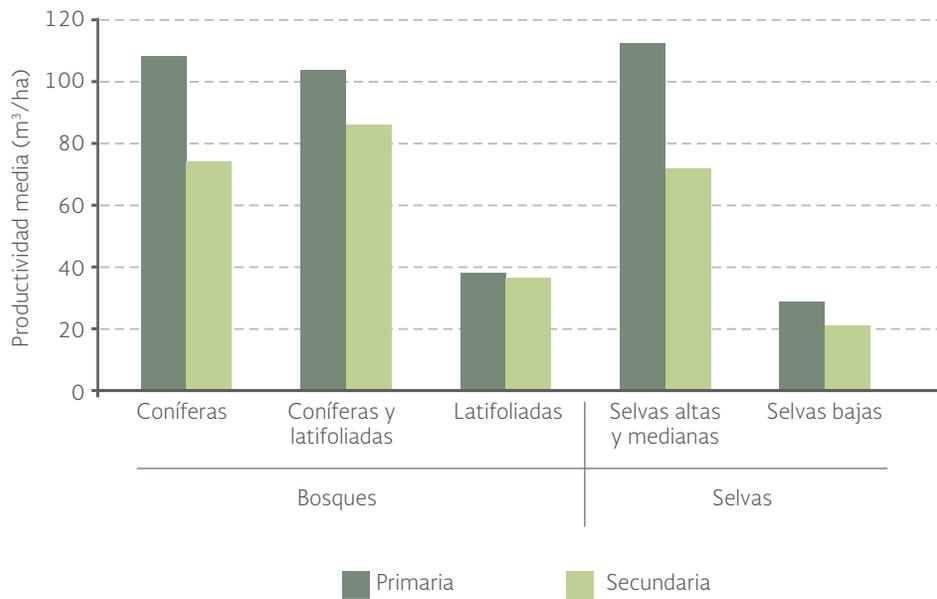
Fuente:
Conafor. *Inventario Nacional Forestal y de Suelos. Informe 2004-2009*. Conafor. México. 2011.

La mayor proporción de las existencias maderables del país se encuentra en la vegetación primaria: cerca del 60% del volumen total nacional (alrededor de 2 417 millones de m³). La formación con mayor productividad media son las selvas altas y medianas primarias (en promedio 112 m³/ha, esto es, 36% más que las selvas con vegetación secundaria), seguidas por los bosques de coníferas (108 m³/ha en comparación a los 74 m³/ha en su condición secundaria) y los de coníferas-latifoliadas (104 contra 86 m³/ha; Figura 2.27).

El crecimiento de los árboles y de sus renuevos a lo largo de un año es una variable importante para calcular el incremento en el volumen de madera que puede aprovecharse de manera sostenible en una zona particular. De acuerdo a los datos del INFyS, el volumen de madera que se acumula en los bosques de coníferas asciende a 2.29 metros cúbicos por hectárea por año; le siguen los bosques mixtos de coníferas y latifoliadas que incrementan 1.88 metros cúbicos por hectárea. Tomando en cuenta el incremento corriente anual de los diferentes tipos de bosques del país, se ha estimado que cada año los bosques nacionales aumentan sus existencias en 15.5 millones de metros cúbicos. En el caso de las selvas, es difícil obtener estimaciones del incremento en madera pues la mayoría de sus especies no tienen patrones conspicuos que revelen su edad (p. ej., anillos de crecimiento) que es una característica importante para evaluar la tasa anual de crecimiento de los individuos. El INFyS 2004-2009 sólo midió el incremento medio anual en volumen de madera en coníferas, dejando de lado a las especies que habitan en selvas.

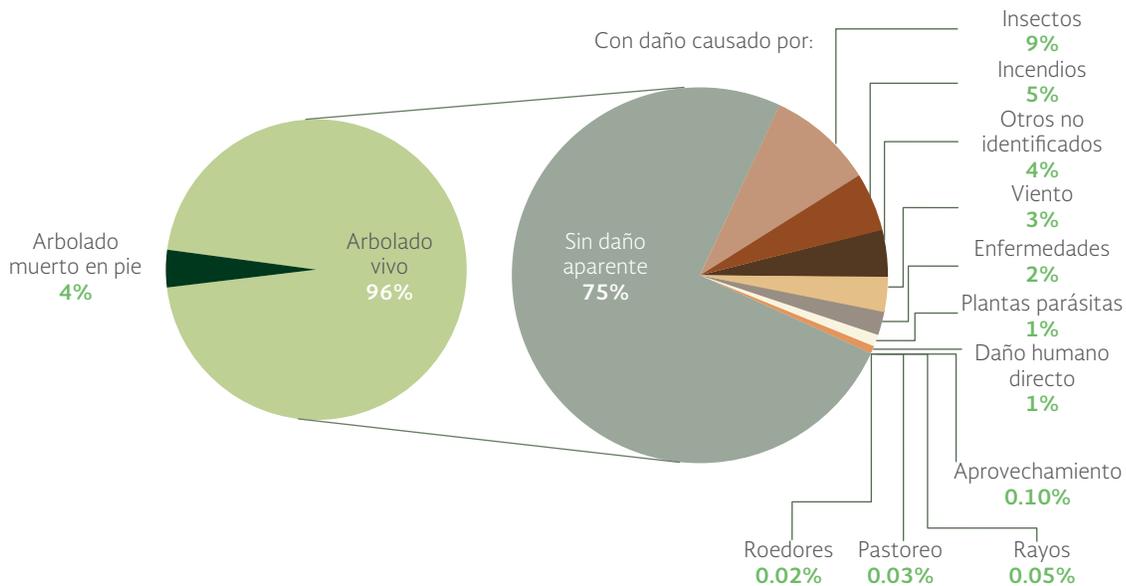
El INFyS también evaluó la salud de los bosques y selvas nacionales a través de la condición de los individuos, así como de los impactos ambientales y de los agentes de perturbación que las deterioran. De acuerdo a sus resultados, el 96% de los individuos medidos correspondió a árboles vivos y el 4% a muertos en pie (Figura 2.28). Se pudo determinar, con cierto grado de confianza,

Figura 2.27 | Productividad en bosques y selvas en México según condición de la vegetación, 2004 - 2009



Fuente:
Conafor. Inventario Nacional Forestal y de Suelos. Informe 2004-2009. Conafor. México. 2011.

Figura 2.28 | Salud del arbolado nacional, 2004 - 2009



Fuente:
Elaboración propia con datos de:
Conafor. Inventario Nacional Forestal y de Suelos. Informe 2004-2009. Conafor. México. 2011.

que los insectos, los incendios, el viento y las enfermedades son los principales agentes que causan la mortalidad de los árboles: el 24% de los árboles examinados mostró signos de daño por algún agente: insectos (9%), incendios (5%), viento (3%), enfermedades (2%) y plantas parásitas (1%), entre otros agentes; mientras que el 75% no mostró signos de daño (Figura 2.28).

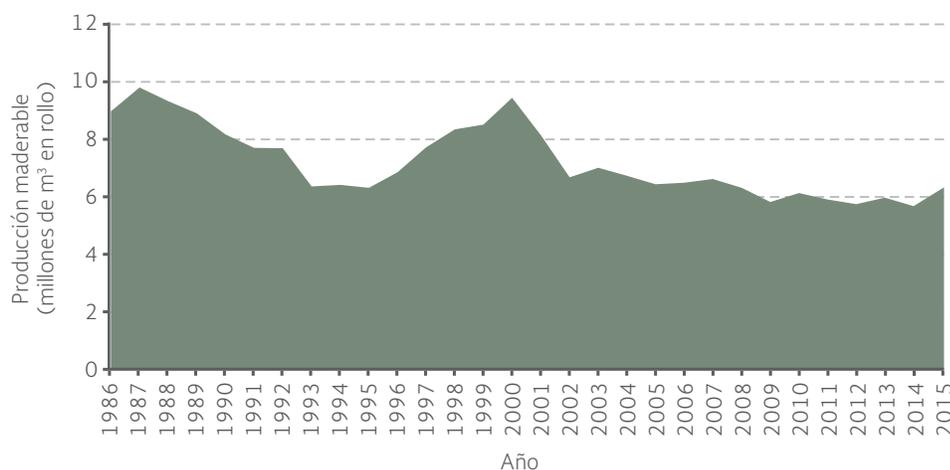
PRODUCCIÓN FORESTAL MADERABLE

Entre 1986 y 2015, la producción maderable anual mostró una tendencia decreciente, promediando 7.2 millones de metros cúbicos en rollo (Figura 2.29). El promedio de la producción durante el periodo de 2000 a 2015 fue 17% menor al promedio registrado entre los años 1986 y 1999.

La producción nacional está apoyada sobre todo en la madera existente en los bosques templados de coníferas (pinos, oyameles y cedros) y en los bosques de latifoliadas (encinos y otras especies). Entre 1990 y 2014 estos bosques contabilizaron cerca del 84% de la producción nacional, seguidos por las maderas tropicales comunes (4.7%) y las preciosas (0.5%, Figura 2.30; Cuadro D3_RFORESTA04_02). Las principales especies aprovechadas en ese periodo fueron el pino (138 millones de m³ en rollo, 80% de la producción del periodo) y el encino (15 millones de m³, 8.8%; Figura 2.30).

Los estados que más contribuyeron a la producción forestal maderable en el periodo 1990 a 2014 fueron Durango (1.94 millones de m³, 28% de la producción total del periodo), Chihuahua (1.4 millones, 20%) y Michoacán (914 mil, 13%; 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 (0.03, 0.05 y 0.06%, respectivamente).

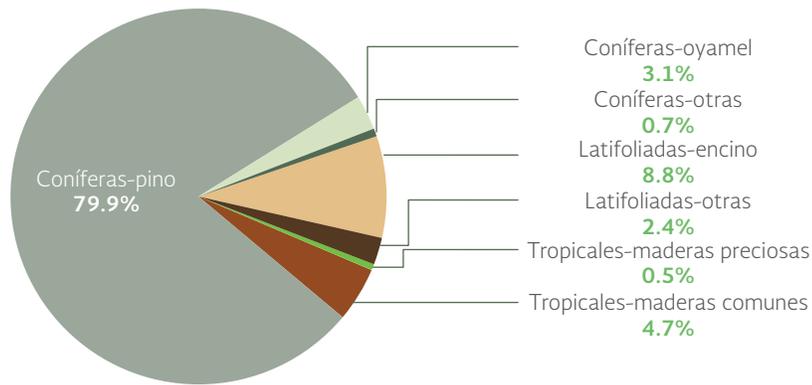
Figura 2.29 | Producción maderable en México, 1986 - 2015



Fuentes:

Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos. Delegaciones Federales, Semarnat. México. 2007 - 2010.
 Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos. Delegaciones Federales, Semarnat. México. 2006 - 2015.
 SARH. *Compendio Estadístico de la Producción Forestal 1989-1993*. SARH. México. 1994.
 Semarnap. *Anuario Estadístico de la Producción Forestal 1995-1998*. Semarnap. México. 1996-1999.
 Semarnat. *Anuario Estadístico de la Producción Forestal 1999-2006*. Semarnap. México. 2000-2007.
 Semarnat. *Programa anual de trabajo 2016*. Semarnat. México. 2016.
 Semarnat. *Cuarto Informe de Labores 2015-2016*. Semarnat. México. 2016.

Figura 2.30 | Producción forestal maderable según especie en México, 1990 - 2014

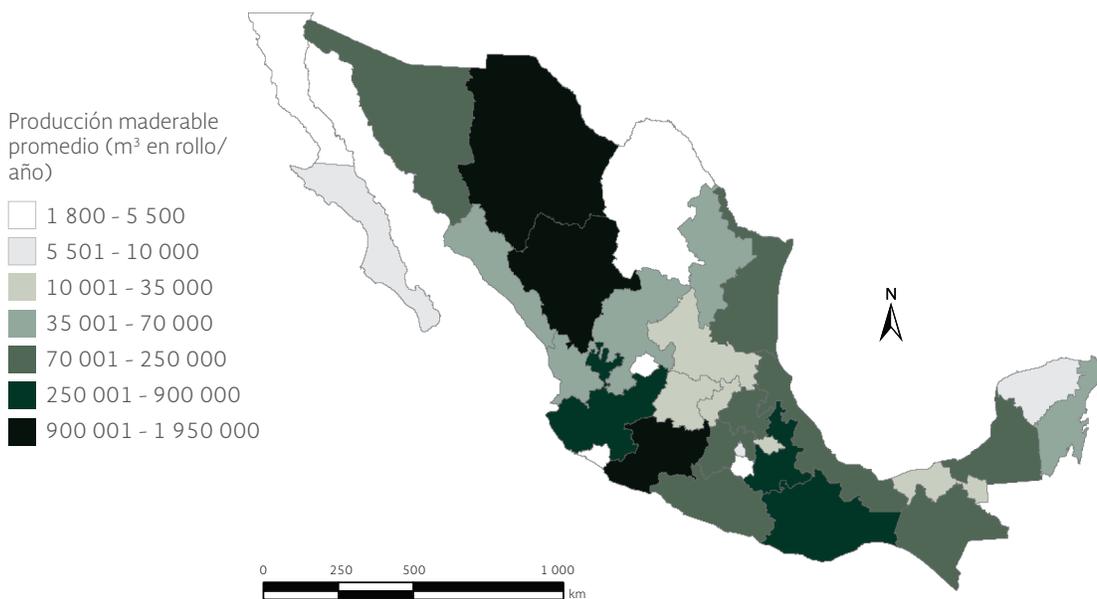


Fuentes:

Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos. Delegaciones Federales, Semarnat. México. 2007 - 2010.
 Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos. Delegaciones Federales, Semarnat. México. 2006 - 2015.
 SARH. Compendio Estadístico de la Producción Forestal 1989-1993. México. 1994.
 Semarnap. Anuario Estadístico de la Producción Forestal 1995-1998. México. 1996-1999.
 Semarnat. Anuario Estadístico de la Producción Forestal 1999-2013. México. 2014.

En México, el principal uso de la madera ha sido para la producción de escuadrías, como tablas, tablonés, vigas y material de empaque. El 70% del volumen total de madera extraída entre 1997 y 2014 se destinó a ese propósito (Figura 2.31; Cuadro D3_RFORESTA04_03); le siguen la extracción para la fabricación de celulosa (11.6% del volumen total del mismo periodo), carbón

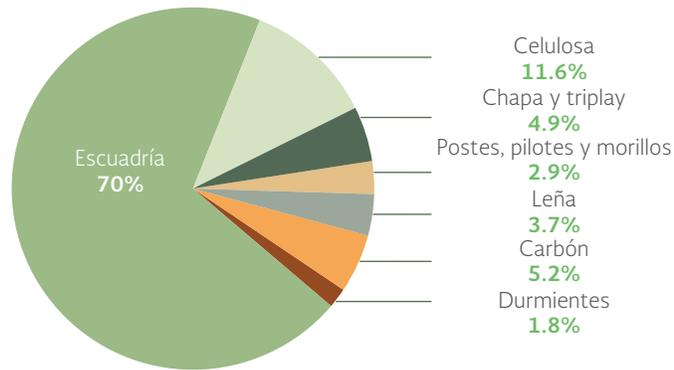
Mapa 2.15 | Producción maderable anual promedio por entidad federativa, 1990 - 2014



Fuentes:

Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos. Delegaciones Federales, Semarnat. México. 2006 - 2015.
 SARH. Compendio Estadístico de la Producción Forestal 1989-1993. SARH. México. 1994.
 Semarnap. Anuario Estadístico de la Producción Forestal 1995-1998. Semarnap. México. 1996-1999.
 Semarnat. Anuario Estadístico de la Producción Forestal 1999-2006. Semarnat. México. 2000-2008.

Figura 2.31 | Usos principales de la madera en México, 1997 - 2014



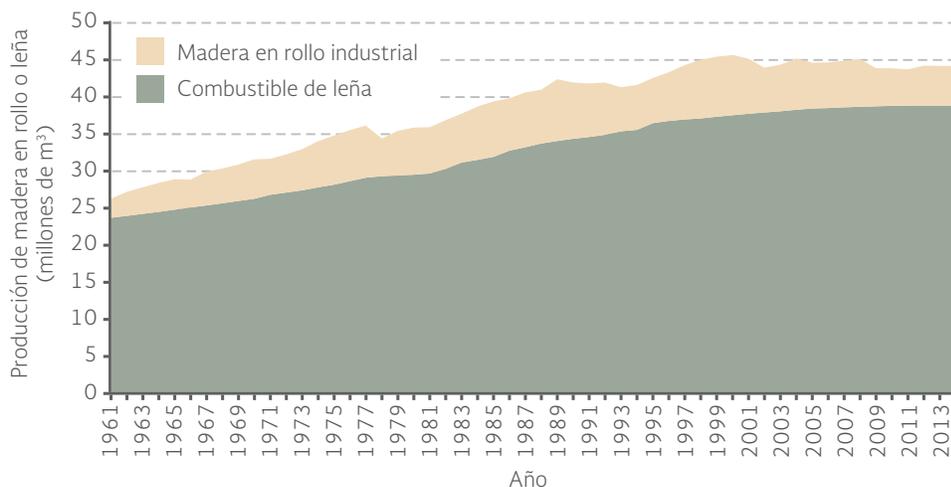
Fuentes:

Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos. Delegaciones Federales, Semarnat. México. 2006 - 2015.
 SARH. Compendio Estadístico de la Producción Forestal 1989-1993. SARH. México. 1994.
 Semarnap. Anuario Estadístico de la Producción Forestal 1995-1998. Semarnap. México. 1996-1999.
 Semarnat. Anuario Estadístico de la Producción Forestal 1999-2006. Semarnat. México. 2000-2008.

(5.2%), así como chapa y triplay (4.9%). Es importante señalar que los datos de producción maderable no incluyen la “cosecha de leña” que ocurre dentro y a las orillas de las masas forestales, la cual es empleada por la población rural como combustible.

Entre 1997 y 2014 se empleó en promedio el 3.7% de la producción como leña y 5.2% como carbón (Figura 2.31), estas cifras indicarían que el consumo de las maderas como fuente de energía es bajo en México. Sin embargo, estas estimaciones son muy diferentes a las estimadas por la FAO, las cuales muestran que entre 1997 y 2014 se produjeron 38 millones de metros cúbicos anuales de madera para combustible, lo que equivaldría al 85% de la producción nacional maderable de ese periodo (Figura 2.32). Es probable que la discrepancia entre los datos nacionales y los presentados

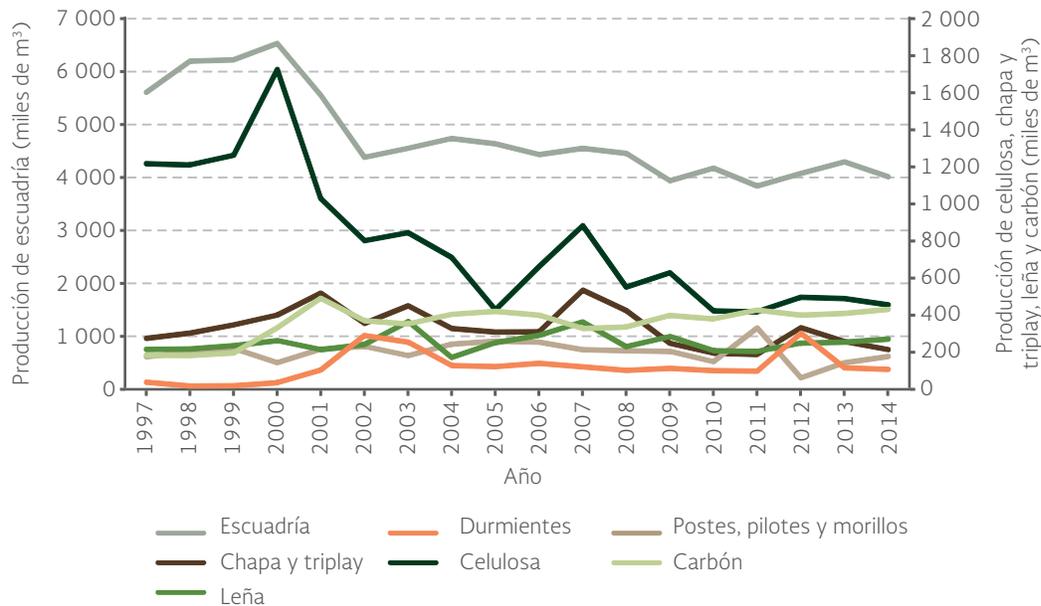
Figura 2.32 | Producción de madera según su empleo como leña o en la industria, 1961 - 2014



Fuente:

Elaboración propia con datos de:
 FAO. FAOSTAT. 2015. Disponible en: <http://faostat3.fao.org/download/F/FO/S>. Fecha de consulta: octubre de 2015.

Figura 2.33 | Producción maderable en México, según principales productos, 1997 - 2014



Fuentes:

Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos. Delegaciones Federales, Semarnat. México. 2006 - 2015.
 SARH. Compendio Estadístico de la Producción Forestal 1989-1993. SARH. México. 1994.
 Semarnat. Anuario Estadístico de la Producción Forestal 1995-1998. Semarnat. México. 1996-1999.
 Semarnat. Anuario Estadístico de la Producción Forestal 1999-2006. Semarnat. México. 2000-2008.

por la FAO se deba a que esta última hace estimaciones de la leña que se extrae en el país sin informar a las autoridades correspondientes. Este fenómeno ocurre, sobre todo, en zonas rurales donde la supervisión de las autoridades locales o de las instituciones encargadas no es constante.

Es de llamar la atención la caída de la extracción maderera nacional, pues varias instituciones públicas y privadas han invertido recursos económicos y científicos en mejorar las técnicas de explotación y manejo de bosques naturales y plantaciones forestales. Esta caída se ve reflejada en la disminución de la producción de escuadría y celulosa durante el periodo 1997 y 2014 (Figura 2.33). En el caso de la escuadría, el volumen de la producción de los últimos catorce años no ha excedido el 75% (excepto 2001, con 85%) de la producción máxima en el periodo (6.5 millones de m³ en rollo en el año 2000). En el mismo sentido, la producción de celulosa en 2014 representó el 26% (casi 455 mil m³ en rollo) de la producción del año 2000 (alrededor de 1.73 millones de m³ en rollo).

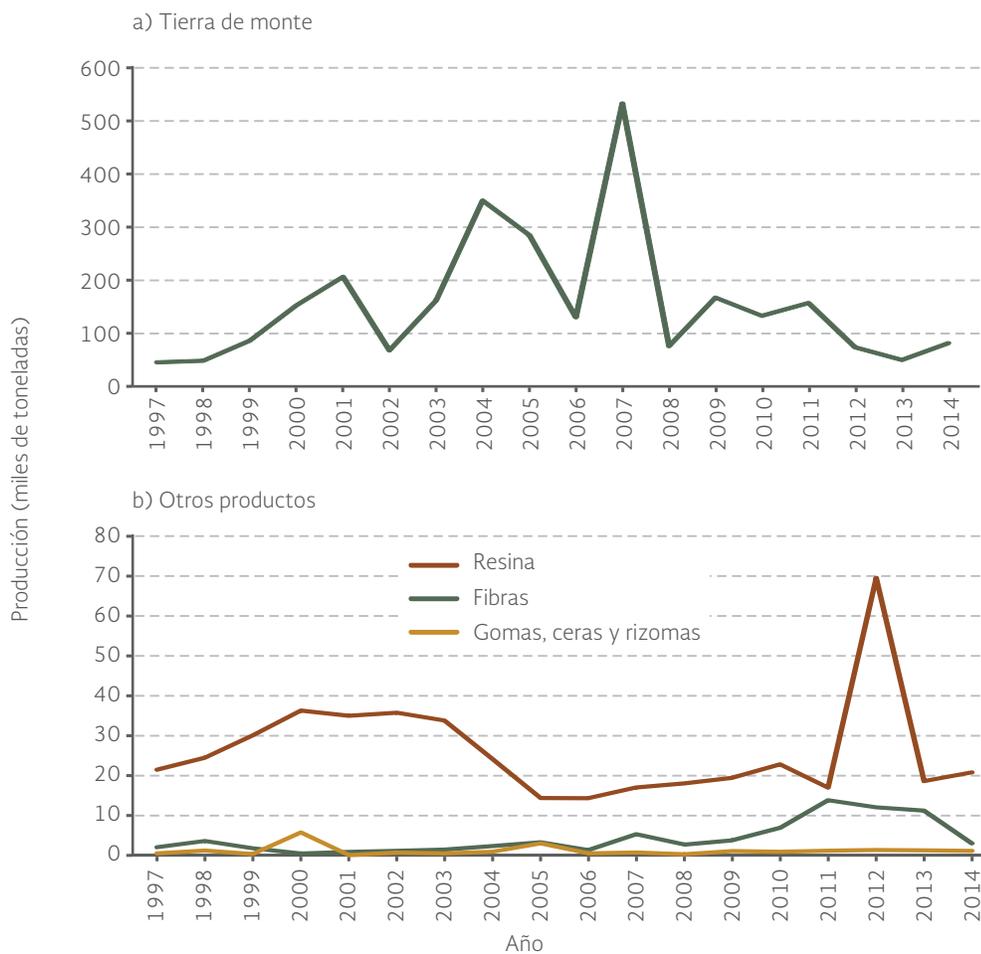
Para alcanzar un aprovechamiento de madera sostenible, el volumen de madera que se extrae debe ser menor a la renovación natural de los bosques, en caso contrario los bosques se degradan y forzosamente se debe recurrir a la siembra de plantas producidas en invernadero. Los datos del INFyS muestran que la tasa de renovación o incremento anual de las coníferas es 15.5 millones de metros cúbicos de madera en rollo, el cual es tres veces mayor a la producción registrada para este grupo de especies en 2012, según FAO (2015; Figura 2.32). Estas estimaciones sugieren que no se ha sobrepasado la capacidad de producción de los bosques de coníferas del país, sin embargo, tal como se mostró en el Mapa 2.14, la distribución de la producción de madera es heterogénea, por tanto su aprovechamiento podría haber llegado a sus límites en ciertas regiones.

RECURSOS FORESTALES NO MADERABLES

Los productos forestales no maderables (PFNM) reciben menor atención que los recursos maderables, sin embargo, su importancia es innegable, ya que se trata de productos como medicinas, alimentos, resinas, gomas, tintes, ceras, tierra de monte, esencias y aceites, entre otros. La mayoría no tienen valor comercial, y aquellos que sí lo tienen por lo general no cuentan con un mercado amplio y consolidado, por lo que son explotados localmente por los habitantes de comunidades de escasos recursos económicos. La falta de valor comercial dificulta el 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 nuestro país.

En el periodo de 1997 a 2014, la producción nacional de PFNM mostró grandes variaciones, el promedio de la producción fue de poco más de 238 mil toneladas por año (Figura 2.34a).

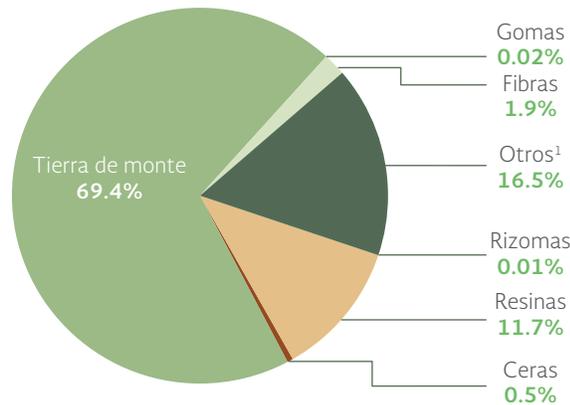
Figura 2.34 | Producción forestal no maderable, 1997 - 2014



Fuentes:

Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos. Delegaciones Federales, Semarnat. México. 2006-2015.
 SARH. Compendio Estadístico de la Producción Forestal 1989-1993. SARH. México. 1994.
 Semarnap. Anuario Estadístico de la Producción Forestal 1995-1998. Semarnap. México. 1996-1999.
 Semarnat. Anuario Estadístico de la Producción Forestal 1999-2006. Semarnat. México. 2000-2008.

Figura 2.35 | Producción forestal no maderable según producto, 1997 - 2014



Nota:

¹ Incluye: hongos, semillas, hojas, nopales, tallos, frutos, musgo, heno, etc.

Fuentes:

Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos. Delegaciones Federales, Semarnat. México. 2006-2015.
 SARH. *Compendio Estadístico de la Producción Forestal 1989-1993*. SARH, México. 1994.
 Semarnat. *Anuario Estadístico de la Producción Forestal 1995-1998*. Semarnat. México. 1996-1999.
 Semarnat. *Anuario Estadístico de la Producción Forestal 1999-2006*. Semarnat. México. 2000-2008.

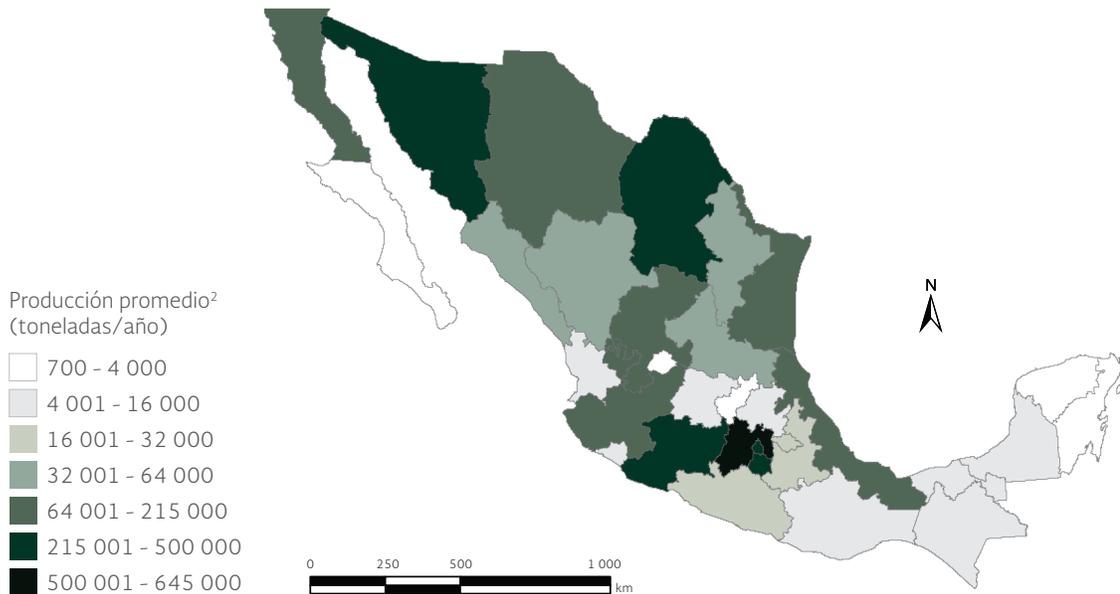
La producción está dominada por la extracción de tierra de monte, la cual varió entre 45 mil y 532 mil toneladas anuales, acumulando casi el 70% del volumen total de los PFNM del periodo 1997-2014 (alrededor de 2.8 millones de toneladas, Figura 2.34a y 2.35). Le siguen en importancia las resinas (11.7% del volumen total de PFNM, alrededor de 473 mil toneladas) y las fibras (1.9%, poco más de 77 mil toneladas; Figuras 2.34b y 2.35; [Cuadro D3_RFORESTA04_05](#)).

Las fibras y las ceras representan apenas el 2.4% del volumen de PFNM del periodo (Figura 2.35), 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.

Los estados que registraron la mayor producción de PFNM entre 1997 y 2014 fueron el estado de México (643 194 t, 19.4% del total de periodo), Morelos (481 949 t, 14.6%), Michoacán (418 112 t, 12.6%), Sonora (362 841 t, 11%), Distrito Federal (291 895 t, 8.8%) y Coahuila (217 557 t, 6.6%); en contraste, los que produjeron menos fueron: Quintana Roo (719 t, 0.02%), Aguascalientes (725 t, 0.02%), Baja California Sur (873 t; 0.03% del total) y Yucatán (2 170 t, 0.07%; Mapa 2.16; [Cuadro D3_RFORESTA04_04](#)). Una característica de la explotación de los PFNM en nuestro país es la escasa variedad de productos y especies silvestres usadas; por ejemplo, la riqueza florística del país se estima en más de 25 mil especies de plantas superiores, sin embargo, sólo 100 especies son explotadas comercialmente y menos de mil son las que son aprovechadas a nivel regional (Figura 2.36; [Cuadro D3_RFORESTA04_06](#)).

Los PFNM tiene un enorme potencial comercial; sin embargo, deben ser aprovechados bajo un esquema de conservación de las condiciones originales de los sitios de donde son extraídos, es decir, su permanencia requiere de ecosistemas naturales con cierto grado de conservación, de aquí que su aprovechamiento pueda ser utilizado también para implementar prácticas de conservación del ambiente.

Mapa 2.16 | Producción no maderable por entidad federativa, 1997 - 2014¹



Notas:

¹ Los datos de 2014 corresponden a proyecciones del área.

² Los datos incluyen tierra de monte.

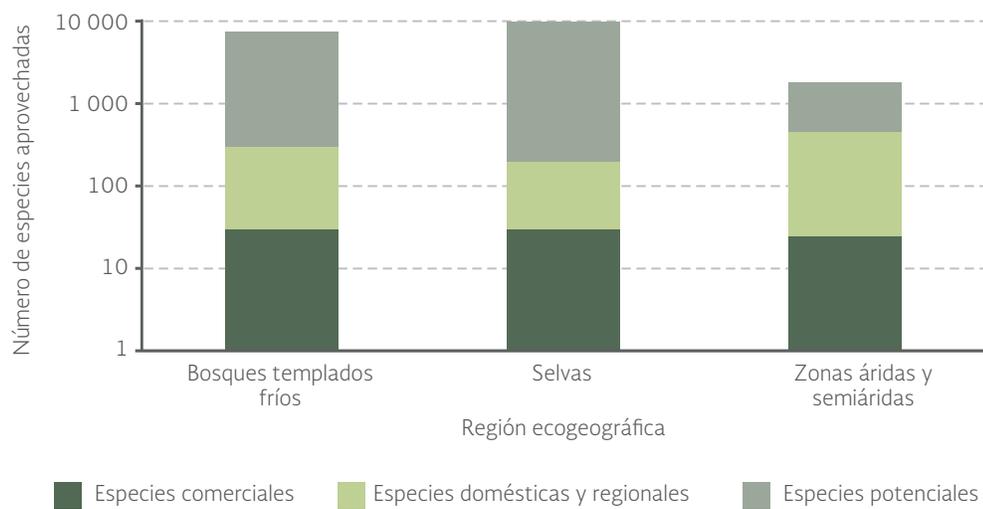
Fuentes:

Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos, Delegaciones Federales, Semarnat. México. 2006 - 2015.

Semarnap. *Anuario Estadístico de la Producción Forestal 1995-1998*. Semarnap. México. 1996-1999.

Semarnat. *Anuario Estadístico de la Producción Forestal 1999-2013*. Semarnat. México. 2000-2014.

Figura 2.36 | 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.

CONSERVACIÓN Y MANEJO SUSTENTABLE DE LOS ECOSISTEMAS TERRESTRES Y SUS RECURSOS NATURALES

Las consecuencias ambientales de la deforestación, la fragmentación y la degradación de la cubierta vegetal son evidentes en México: van desde el empobrecimiento del paisaje que ha sido sustituido por tierras desmontadas, hasta la erosión de los suelos, siendo este recurso el más importante para la recuperación de las masas forestales. La pérdida de los ecosistemas terrestres también promueve la pérdida de la biodiversidad y afecta su estabilidad y resiliencia. Además, afecta negativamente la disponibilidad y la calidad de las aguas superficiales y subterráneas. El daño a los ecosistemas terrestres y en particular a las comunidades vegetales aumenta la vulnerabilidad ante eventos meteorológicos extremos como las lluvias torrenciales, inundaciones, ventiscas y huracanes, lo que retroalimenta el deterioro y la pérdida de los ecosistemas naturales.

El deterioro del medio ambiente afecta el estado de bienestar de la población (véase el capítulo de **Población y medio ambiente**). La degradación del ambiente se acompaña, en el corto, mediano o largo plazo por la pérdida y el deterioro de los medios de subsistencia y de la calidad de vida de muchas comunidades (especialmente las rurales), lo cual empeora aún más las situaciones de marginación y pobreza. En este sentido, el desarrollo de la sociedad sigue 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 permitan garantizar la conservación del capital natural nacional y del abastecimiento continuo de los servicios que brindan, orientado bajo un esquema de desarrollo sustentable y sostenido. 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 ambiental que pretenden proteger y detener la pérdida de la superficie remanente de los ecosistemas naturales. Esta línea de acción, además de proteger los ecosistemas y sus especies representativas, también pretende conservar los servicios ambientales de muchas regiones del país. Dentro de ellos se encuentran, principalmente, 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 sustentable de los recursos naturales presentes en sus comunidades -principalmente los recursos forestales y faunísticos-; su objetivo es evitar que se sobrepasen los niveles de recuperación de los recursos naturales o su capacidad de carga ante una actividad dada, lo que garantiza su extracción y existencia a 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 los instrumentos de política de recuperación de las coberturas vegetales a través de la reforestación, la contención de los incendios forestales y las enfermedades y plagas que los atacan.

También existen otros instrumentos de política ambiental que, de forma indirecta, han servido para proteger tanto a los ecosistemas terrestres como marinos del país; 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 los usos del suelo tomando en cuenta su aptitud, prioridades y necesidades particulares. Los segundos tienen el objetivo de identificar y cuantificar los impactos al medio ambiente derivados de la ejecución de un proyecto dado, también son una forma de determinar si los proyectos son factibles ambientalmente y condicionan su ejecución a la aplicación de medidas de prevención y mitigación de los impactos ambientales.

CONSERVACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS TERRESTRES Y SUS SERVICIOS AMBIENTALES

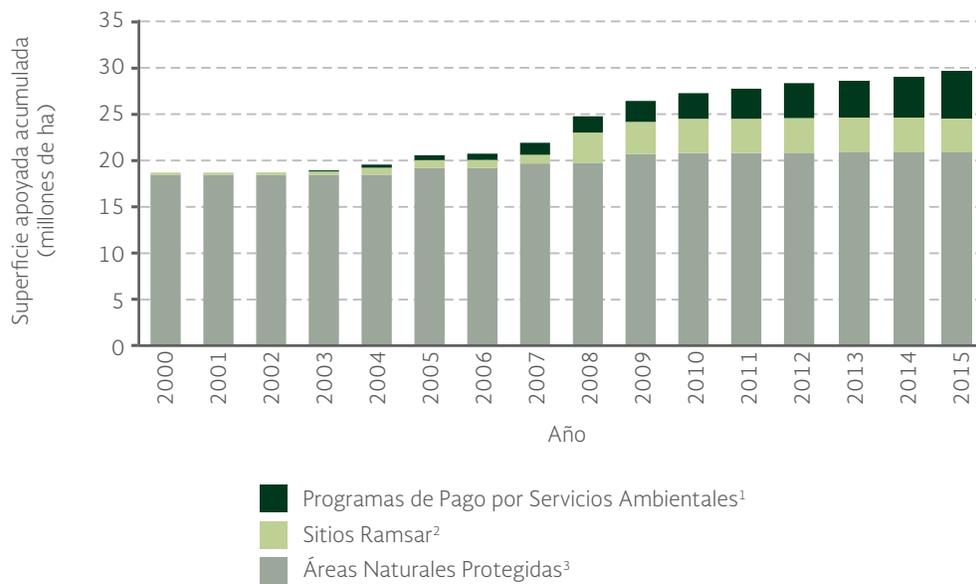
A nivel mundial, las áreas naturales protegidas han sido una de las estrategias más importantes para mantener la integridad de los ecosistemas. Estas áreas son superficies representativas de los diversos ecosistemas terrestres y marinos, en donde el ambiente original no ha sido alterado significativamente 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 17 millones de kilómetros cuadrados, lo que equivale a alrededor del 13% de la superficie terrestre (UNEP, 2011).

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 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 2015, alrededor de 29.4 millones de hectáreas, lo que equivale aproximadamente al 15% de la superficie nacional continental (Figura 2.37).

En México, el crecimiento de la superficie protegida de ecosistemas terrestres por ANP federales ha sido importante: pasó de 16.4 millones a 20.8 millones de hectáreas entre 1994 y 2015⁹, 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 2015, el 81% corresponde a zonas terrestres y el 19% a zonas marinas (para mayores detalles ver el capítulo de **Biodiversidad**). En las ANP federales terrestres los ecosistemas naturales mayormente representados son los matorrales xerófilos (cerca de 8.4 millones de ha, 45.7%), los bosques templados (4.2 millones de ha, 23%) y las selvas subhúmedas y húmedas (3.2 millones de ha en conjunto, 9.7 y 7.7%, respectivamente).

⁹ Datos a septiembre de 2015.

Figura 2.37 Superficie apoyada por programas con enfoque de conservación de los ecosistemas, 2000 - 2015



Notas:

¹ La superficie de Programas de Servicios Ambientales 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).

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

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

Fuentes:

Elaboración propia con datos de:
 Conafor, Semarnat. México. 2015.
 Conanp, Semarnat. México. 2014.
 Semarnat, Conafor. *Coordinación General de Planeación e Información*. Mayo 2015.
 Semarnat. *Programa anual de trabajo 2016*. Semarnat. México. 2016.
 Semarnat. *Cuarto Informe de labores 2015-2016*. Semarnat. México. 2016.

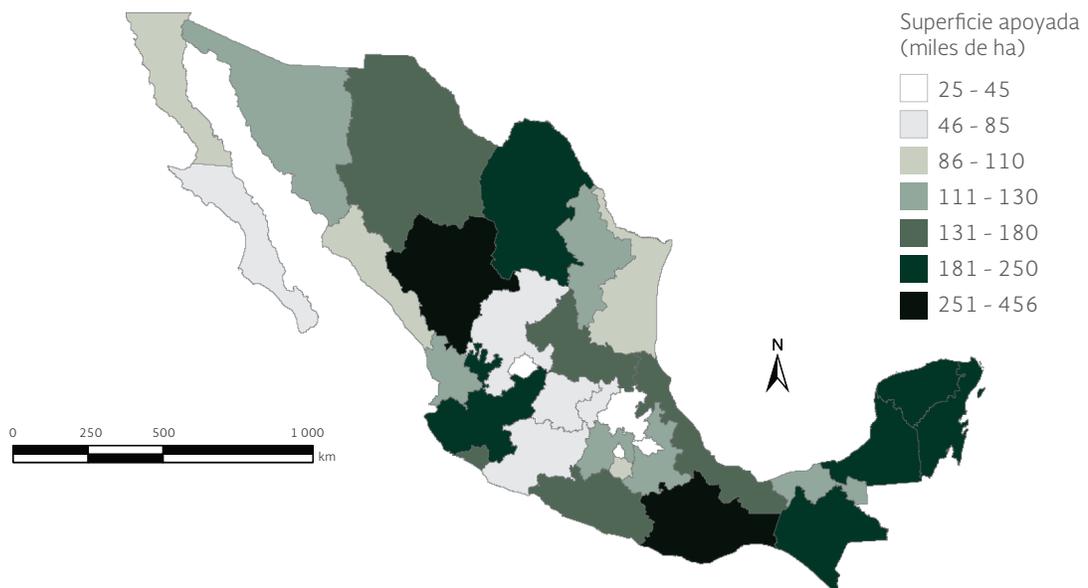
México también participa en la Convención Internacional Ramsar para la protección de humedales, a la cual se adhirió en 1986. La Convención busca la conservación y el uso racional de los humedales en términos ecológicos, botánicos, zoológicos, limnológicos e hidrológicos. Entre otros ecosistemas que protegen se encuentran manglares, ciénegas, lagunas y desembocaduras de ríos (para mayor información de los humedales de la Convención Ramsar, ver el capítulo de **Biodiversidad**). En México, de los sitios Ramsar en humedales, 80 están total o parcialmente incluidos dentro de 177 ANP - con una superficie de cerca de 7.2 millones de hectáreas - mientras que 62 se ubican fuera de las áreas protegidas (con un área de alrededor de 1.9 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 que conserven sin cambios ecosistemas que producen servicios ambientales dentro de sus tierras. La recompensa es un pago que, además de ser una fuente de ingreso, también incentiva la protección y el no 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), a cargo de la Conafor. El objetivo principal del PSAH ha sido el mantenimiento 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 su terreno - sin cambio de uso del suelo - durante el tiempo que dure el convenio. El apoyo se ha dirigido hacia zonas de cuencas hídricas críticas, con acuíferos sobreexplotados o que abastecen a poblaciones con más de 5 mil habitantes.

En el año 2004 inició el 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). Este programa promueve el acceso de los propietarios de terrenos forestales a los mercados (nacionales e internacionales) de los servicios ambientales derivados de la captura de carbono y de la biodiversidad de los ecosistemas forestales. Los pagos a los propietarios tratan de incentivarlos a realizar las acciones que mantengan o mejoren la provisión de los servicios ambientales que capturan, secuestran y fijan el carbono como una estrategia para mitigar el cambio climático global, así como la conservación de la biodiversidad. En conjunto, la superficie beneficiada principalmente de bosques templados, mesófilos de montaña y selvas por los PSAH y PSA-CABSA alcanzaron hasta diciembre de 2015 los 4.91 millones de hectáreas. Entre 2003 y 2014 el estado que contó con la mayor superficie beneficiada fue Oaxaca (con poco más de 456 mil ha, es decir, 10.2% de la superficie total beneficiada por el programa, Mapa 2.17), seguido por Durango (332 mil ha; 7.4%), Quintana Roo (238 mil ha, 5.3%), Jalisco (222 mil ha, 5%) y Coahuila (201 mil ha; 4.5%).

Mapa 2.17 | Superficie apoyada por los Programas de Pago por Servicios Ambientales¹ (PSA) por entidad federativa, 2003 - 2014



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:

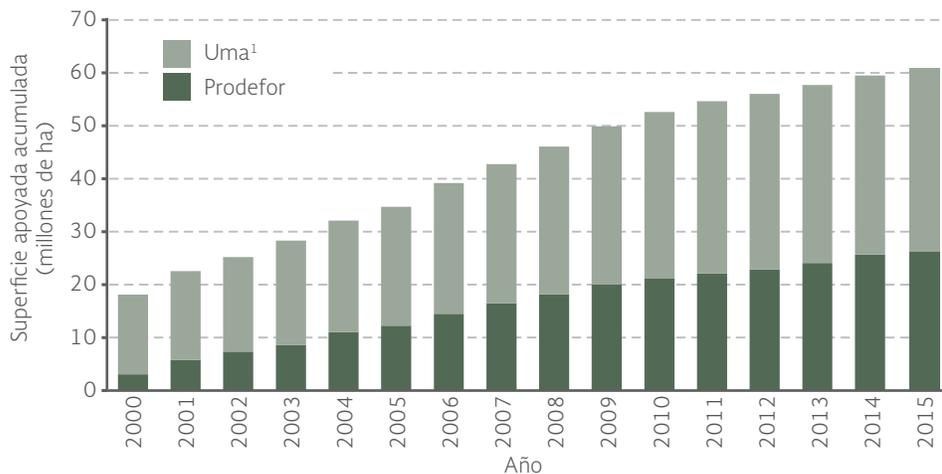
Elaboración propia con datos de: Conafor, Semarnat. México. 2015.

USO SUSTENTABLE DE LOS RECURSOS NATURALES DE LOS ECOSISTEMAS TERRESTRES

En un afán de cubrir la demanda del mercado o las necesidades de corto plazo, en muchas regiones del país se sobreexplotaron los recursos naturales de muchos ecosistemas y no se permitió o dio tiempo al medio ambiente para recuperarse. Como consecuencia, las poblaciones de muchas especies se redujeron rápidamente, algunas se extinguieron localmente, lo que produjo la caída de su producción y, en los casos más graves, su extinción definitiva. No sólo la explotación comercial irracional provoca la extracción no sustentable de los recursos naturales, también ciertas prácticas extractivas tradicionales pueden llevar al deterioro de las poblaciones silvestres, por lo cual se hace necesario aplicar regulaciones específicas que aseguren su aprovechamiento en el largo plazo y permitan el uso sustentable de la vida silvestre. Para este fin se han diseñado e implementado diversos instrumentos, los cuales pueden agruparse en dos ejes principales: 1) los encaminados al manejo de la vida silvestre de interés cinegético 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, tal es el caso del Programa de Desarrollo Forestal (Prodefor). 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 2015, los programas de ambos ejes han apoyado una superficie total de más de 61 millones de hectáreas (Figura 2.38), lo que representa poco más del 31% de la superficie

Figura 2.38 | Superficie apoyada con programas con enfoque de uso sustentable de los ecosistemas, 2000 - 2015



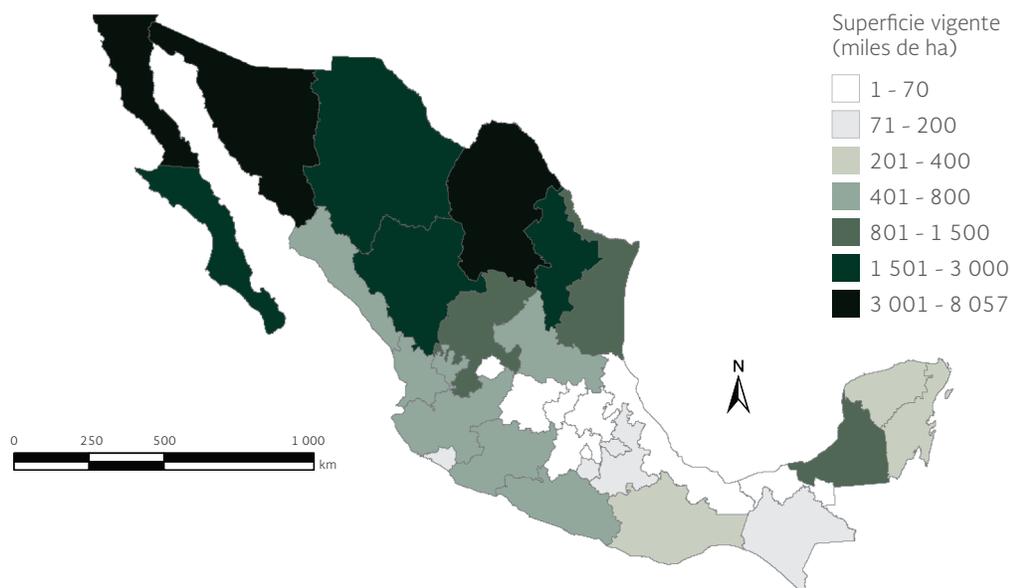
Nota:

¹ La superficie de Uma reportada corresponde a la que la Dirección General de Vida Silvestre (DGVS) considera como de las unidades vigentes a diciembre de 2014.

Fuentes:

Elaboración propia con datos de:
 Conanp, Semarnat. México. 2015.
 Dirección General de Vida Silvestre, Semarnat. México. 2015.
 Semarnat. *Programa anual de trabajo 2016*. México. 2016.
 Semarnat. *Cuarto Informe de labores 2015-2016*. Semarnat. México. 2016.

Mapa 2.18 | Superficie de Unidades de Manejo de la Vida Silvestre (Uma)¹ extensivas por entidad federativa, 1999 - 2014



Nota:

¹ La superficie de Uma reportada para cada entidad corresponde a la que la Dirección General de Vida Silvestre (DGVS) considera como de las unidades vigentes a diciembre de 2014.

Fuentes:

Elaboración propia con datos de:
Conanp, Semarnat. México. 2015.
Dirección General de Vida Silvestre, Semarnat. México. 2015.

terrestre del país. De esta superficie beneficiada, el 57% pertenece a las Uma (alrededor de 34.8 millones de ha¹⁰) y 43% al Prodefor (26.5 millones de ha).

Las Unidades de Manejo de la Vida Silvestre (Uma) fueron establecidas en 1997 y son coordinadas por la Semarnat a través de la Dirección General de Vida Silvestre (DGVS). Las Uma tienen como objetivo aprovechar 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 constituyen una alternativa para mejorar la calidad de vida de los poseedores de los terrenos donde se establecen las unidades, pues se vuelven empresarios y promotores del cuidado del hábitat donde se desarrollan las poblaciones de las especies objetivo, así como de los servicios ambientales que generan.

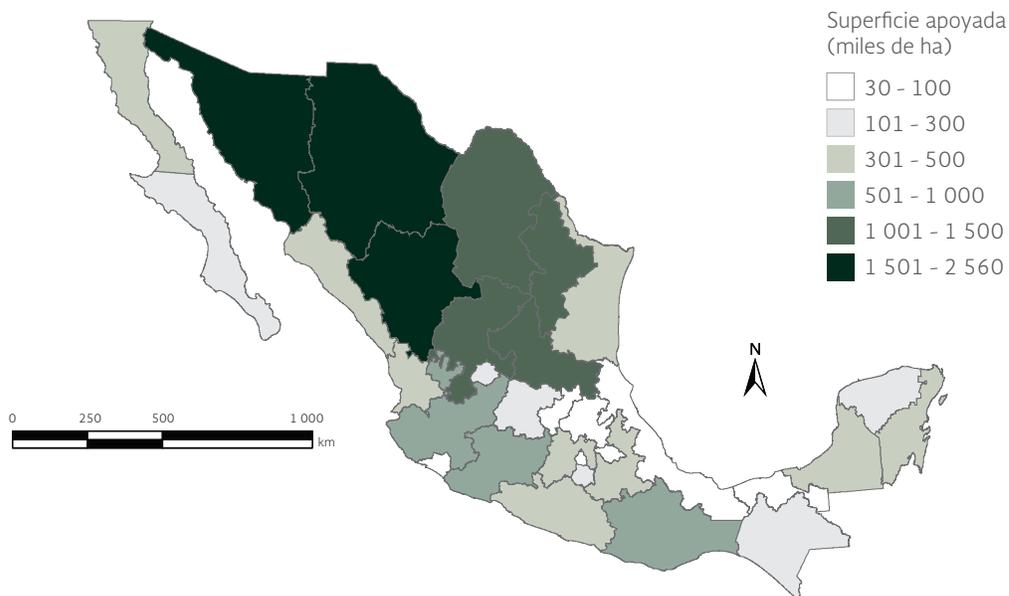
Las mayoría de las Uma se han concentrado en la zona norte del país, siendo los matorrales xerófilos, seguidos de los pastizales y los bosques templados, los principales ecosistemas beneficiados por este instrumento. Los estados con mayor superficie acumulada de Uma extensivas vigentes entre 1999 y 2014 fueron Sonora (8.1 millones de ha, 23.8% de la superficie nacional de Uma), Coahuila (5 millones de ha, 14.8%), Baja California (3.2 millones de ha; 9.5%), Baja California Sur (2.7 millones de ha, 7.9%) y Chihuahua (2.5 millones de ha, 7.3%; Mapa 2.18).

¹⁰ La cifra presentada corresponde a datos reportados por la Dirección General de Vida Silvestre (DGVS) de las unidades vigentes a diciembre de 2014. De acuerdo a la DGVS (revisión junio de 2015) el histórico acumulado del periodo 1999 a 2014 reporta una superficie cercana a los 34.2 millones de hectáreas.

En algunos casos, las Uma se han 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 2014 la superficie de Uma incluida en ANP ascendía a cerca de 3.6 millones de hectáreas, poco más del 9.4% de la superficie total de Uma. Mayores detalles de las Uma pueden encontrarse en el capítulo de **Biodiversidad** en la sección de **Protección de la biodiversidad**.

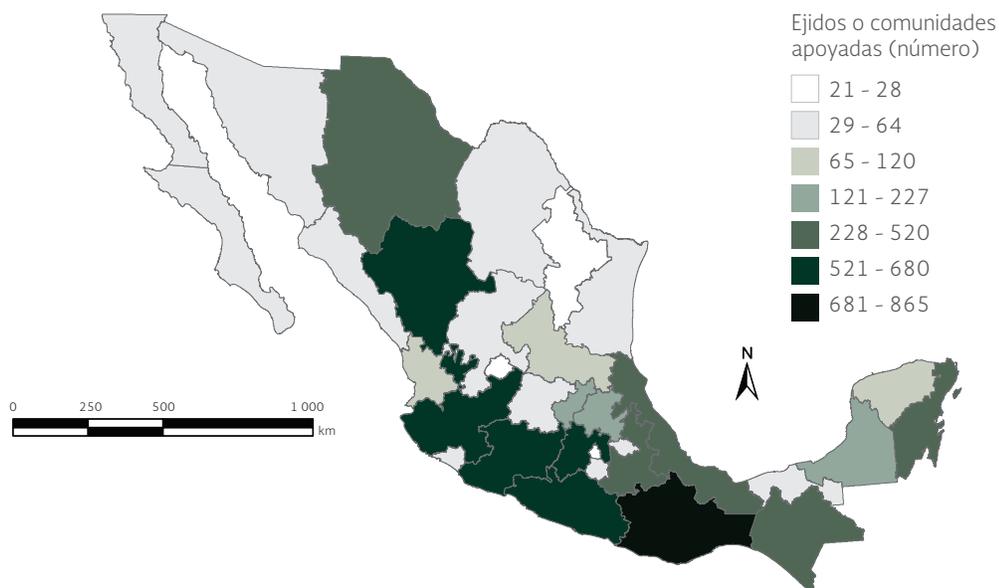
Por su parte, el Programa de Desarrollo Forestal (Prodefor), iniciado en 1997 y coordinado por la Conafor, ha impulsado la productividad y la diversificación del uso de los ecosistemas forestales, así como el desarrollo de la cadena productiva del mercado forestal; todo a través del otorgamiento de apoyos económicos a los dueños de los terrenos forestales, que pueden ser ejidos, comunidades y pequeños propietarios. Este programa se coordina con los gobiernos de los estados. El Prodefor ha crecido significativamente desde su creación, pasó de 3 millones de hectáreas apoyadas para su incorporación o reincorporación en el periodo 1997 a 2000, a 26.5 millones de hectáreas en 2015. Los principales ecosistemas beneficiados han sido los matorrales xerófilos que se caracterizan por su riqueza en productos no maderables, los bosques templados y las selvas. Entre 2003 y 2015, los estados con mayor superficie apoyada por Prodefor fueron Chihuahua (13.4% de la superficie total apoyada, 2.6 millones de ha), Durango (10.5%, 2 millones de ha), Sonora (9.6%, 1.84 millones ha), Coahuila (7.3%, 1.4 millones de ha) y San Luis Potosí (6.6%, 1.3 millones de ha; Mapa 2.19). En cuanto al Programa de Desarrollo Forestal Comunitario (Procymaf) en el periodo de 2007 a 2014, los ejidos o comunidades que más apoyos económicos fueron los ubicados en los estados de Oaxaca (11.3% del total para el periodo), Michoacán (8.8%), Durango (8.3%), estado de México (7.7%) y Jalisco (7.7%). Los estados con menos apoyo fueron Aguascalientes (0.27% del total del periodo), Distrito Federal (0.31%) y Nuevo León (0.36%; Mapa 2.20).

Mapa 2.19 | Superficie apoyada por el Programa de Desarrollo Forestal (Prodefor) por entidad federativa, 2003 - 2015



Fuente:
Elaboración propia con datos de:
Conafor, Semarnat. México. 2015.

Mapa 2.20 | *Ejidos o comunidades con apoyos económicos para el desarrollo forestal comunitario (Procymaf), 2007 - 2014*



Fuente:
Coordinación General de Planeación e Información, Conafor. México. Mayo 2015.

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 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 elaboran acciones para la recuperación de suelos.

Los programas de recuperación de los ecosistemas terrestres incluyen al Programa de Conservación y Restauración de Ecosistemas Forestales (Procoref, dentro del cual están el Programa de Reforestación, las acciones de conservación y restauración de suelos forestales, y de sanidad forestal) y el Programa de Plantaciones Forestales Comerciales (Prodeplan). Hasta el cierre de 2015, la superficie acumulada atendida por los dos programas ascendió a 6.5

millones de hectáreas, de éstas poco más de 68% correspondió a la reforestación (alrededor de 4.4 millones de ha), 12% a las labores de sanidad forestal (alrededor de 809 mil ha), 15% a la conservación y restauración de suelos forestales (cerca de 972 mil ha) y 4.7% a las plantaciones forestales comerciales (alrededor de 305 mil ha; Figura 2.39). En total, la superficie atendida por estos instrumentos representó el 3.3% de la superficie terrestre nacional.

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 de Conservación y Restauración de Ecosistemas Forestales (Procoref). 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*), 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 semiáridas¹¹ se usan agaves (*Agave* spp.), nopales (*Opuntia* spp.), mezquites (*Prosopis* spp.), sotoles (*Dasyliirion* spp.) y pinos piñoneros (*Pinus* spp.).

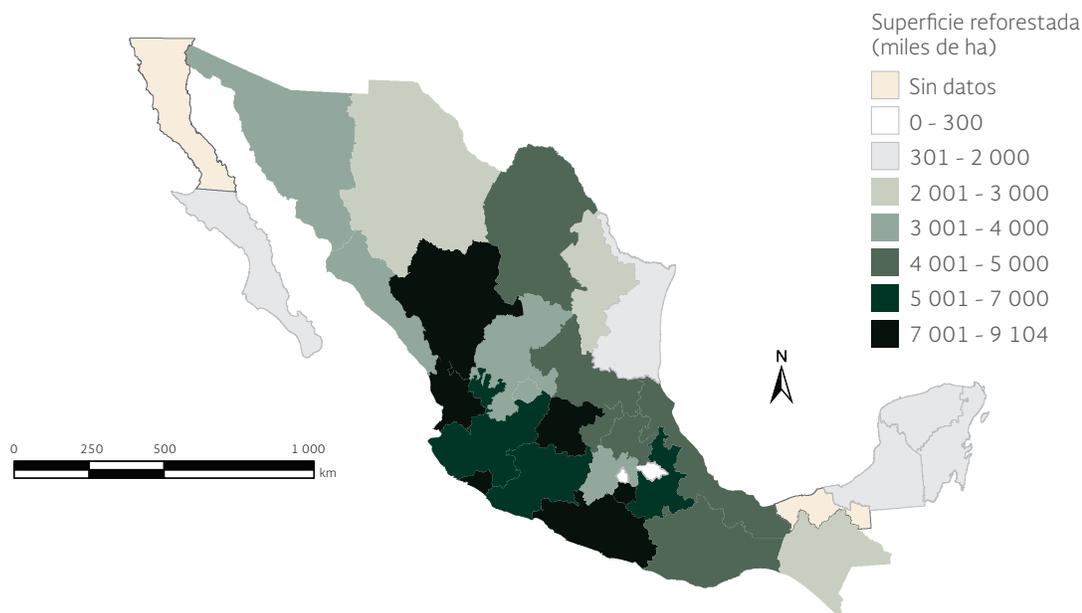
Figura 2.39 Superficie apoyada con programas con enfoque de recuperación de los ecosistemas, 2000 - 2015



Fuentes:
 Elaboración propia con datos de:
 Conafor. Programa de recuperación de suelos y Prodeplan. Conafor. México. 2015.
 Semarnat. Programa Anual de Trabajo 2016. Semarnat. México. 2016.
 Semarnat. Cuarto Informe de labores 2015-2016. Semarnat. México. 2016.

¹¹ En los ecosistemas de matorral xerófilo y zonas semiáridas se prefiere la reforestación con especies suculentas en lugar de árboles, debido a que son especies adaptadas a condiciones de poca humedad y poseen propiedades importantes para conservación del suelo y el control de las escorrentías.

Mapa 2.21 | Superficie reforestada por entidad federativa, 2014



Fuente:
Conafor, Semarnat. Programa Nacional de Reforestación. Junio, 2014.

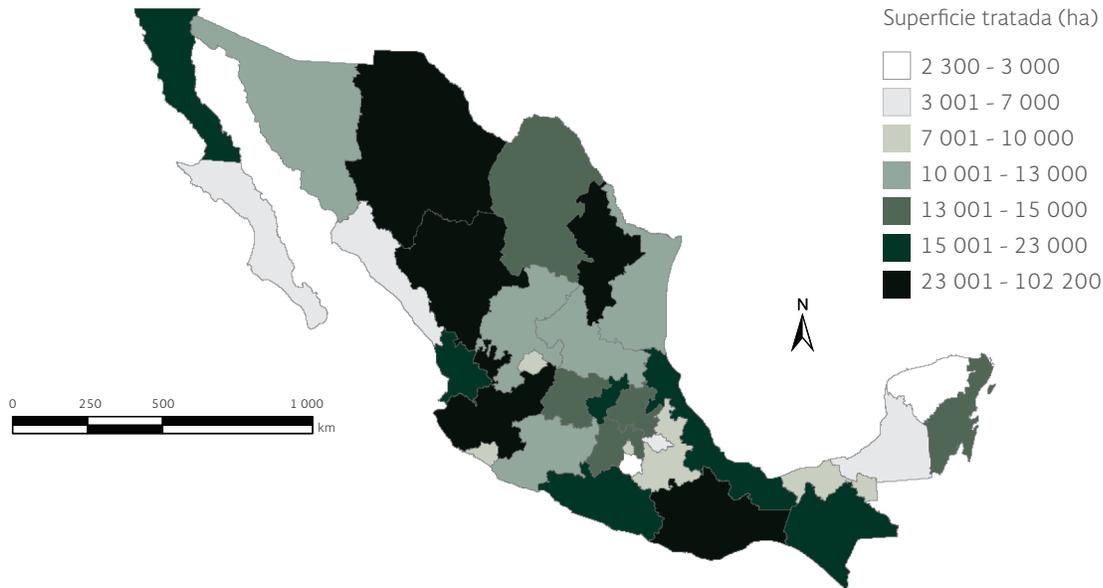
La superficie reforestada en el país ha seguido una tendencia creciente, mientras que en 1993 se reforestaron cerca de 14 512 hectáreas, en 2014 se alcanzaron las 128 mil hectáreas. En 2014, los estados en los que se reforestó una mayor superficie fueron Nayarit (9 104 ha), Guerrero (8 664 ha), Durango (8 435 ha) y Colima (8 209 ha). En contraste, los estados con menores superficies reforestadas fueron el Distrito Federal (285 ha), Campeche (780 ha) y Baja California Sur (853 ha; Mapa 2.21).

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 Procoref 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 al tratamiento.

Entre 2003 y 2014, la superficie anual tratada a nivel nacional fue de poco más de 59 mil hectáreas al año. En este periodo, los estados con mayor superficie tratada fueron Chihuahua (102 mil ha), Durango (83 mil ha), Nuevo León (46 mil ha), Jalisco (45 mil ha) y Oaxaca (44 mil ha); los estados con menor superficie tratada fueron Morelos (2 358 ha), Yucatán (2 751 ha) y Sinaloa (6 082 ha; Mapa 2.22).

A pesar del esfuerzo nacional en el tratamiento de las superficies afectadas por enfermedades o plagas forestales, es necesario incrementar su alcance, por ejemplo, de la superficie afectada en el periodo 2003 y 2014, sólo se realizaron actividades sanitarias en cerca del 64% de la superficie con algún tipo de afectación de los estados, en promedio.

Mapa 2.22 | Superficie tratada contra plagas y enfermedades forestales por entidad federativa, 2003 - 2014^{1, 2}



Notas:

¹ La superficie del año 2003 corresponde al 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:

Elaboración propia con datos de:

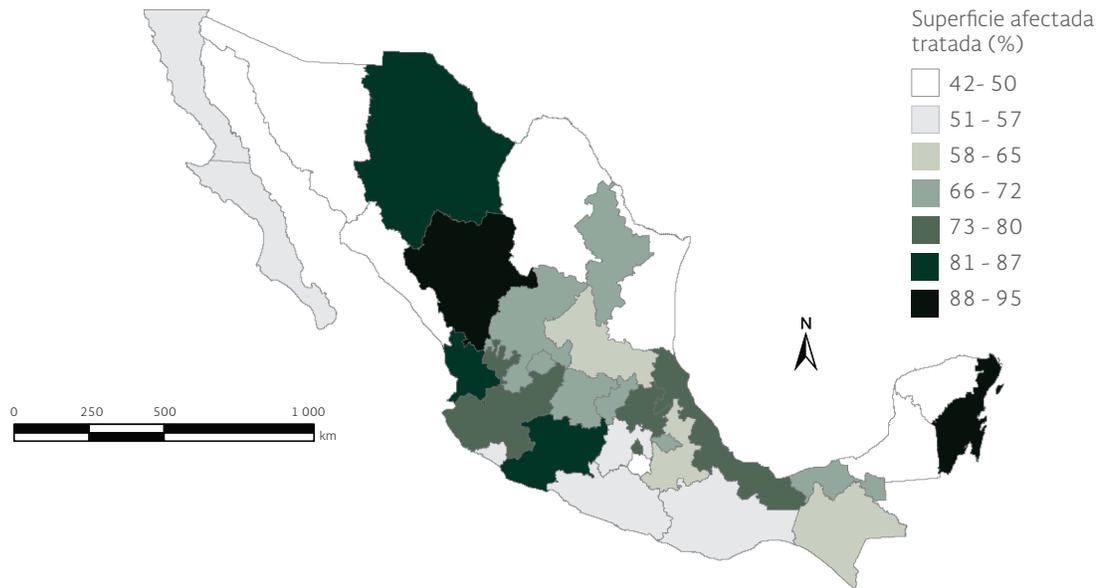
Conafor. Programa de Conservación y Restauración de Ecosistemas Forestales (Procoref). Conafor. México. 2015.

Los estados que trataron el mayor porcentaje de su superficie afectada fueron Quintana Roo (en 95% del área afectada), Durango (88%), Chihuahua (87%), Michoacán (82%) y Nayarit (81%). En contraste, los estados que trataron una proporción menor de su superficie afectada fueron Morelos (42%), Yucatán (44%), Campeche (46%), Sonora (47%), Tamaulipas (48%), Sinaloa y Coahuila (49%; Mapa 2.23).

En el periodo 2003 a 2014, las plagas más combatidas fueron los descortezadores, con 260 363 hectáreas (equivalente al 40% de la superficie tratada en el periodo), seguidos de los muérdagos (186 458 ha, 29%), los defoliadores (145 970 ha; 23%) y los barrenadores (26 962 ha; 4%; Figura 2.40).

Una de las opciones empleadas en varias partes del mundo para reducir las presiones sobre las comunidades forestales, ha sido el establecimiento de sistemas de manejo o plantaciones forestales; de esta forma se obtienen los productos naturales de manera sencilla y rentable. Estos sistemas 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 de plantaciones forestales (FAO, 2015).

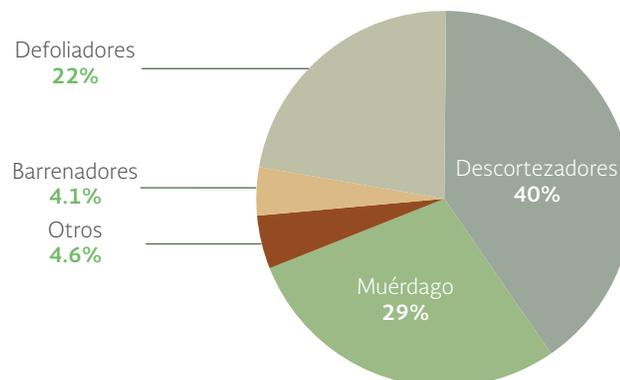
Mapa 2.23 | Superficie afectada por plagas y enfermedades forestales que recibió tratamiento por entidad federativa, 2003 - 2014



Fuente:
Elaboración propia con datos de:
Gerencia de Sanidad Forestal. Conafor, Semarnat. México. Junio 2015

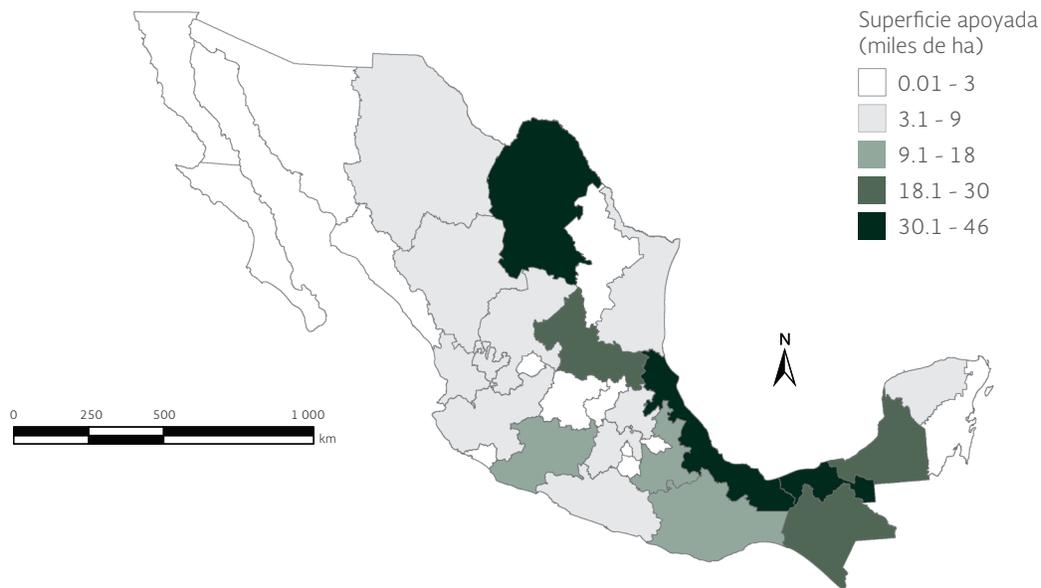
En México, en 1997 se puso en operación el Programa para el Desarrollo de Plantaciones Forestales Comerciales (Prodeplan), con el objetivo de apoyar el establecimiento (en terrenos no boscosos) y el mantenimiento de plantaciones comerciales que contribuyeran a la autosuficiencia en productos forestales. Este programa ha producido resultados notables en los últimos años, del año 1997 al 2014 se han apoyado más de 865 mil hectáreas de plantaciones en todas las entidades del país. Las entidades con mayor superficie apoyada en el periodo 2000 a 2014 fueron Veracruz (poco más de 45 mil ha), Coahuila (41 mil ha), Tabasco (32 mil ha), Campeche (25 mil ha) y Chiapas (24 mil ha; Mapa 2.24).

Figura 2.40 | Superficie tratada por plagas y enfermedades forestales, según tipo, 2003 - 2014



Fuente:
Gerencia de Incendios Forestales. Conafor, Semarnat. México. Junio 2015.

Mapa 2.24 | Superficie apoyada por el Programa de Plantaciones Forestales Comerciales (Prodeplan) por entidad federativa, 2000 - 2014



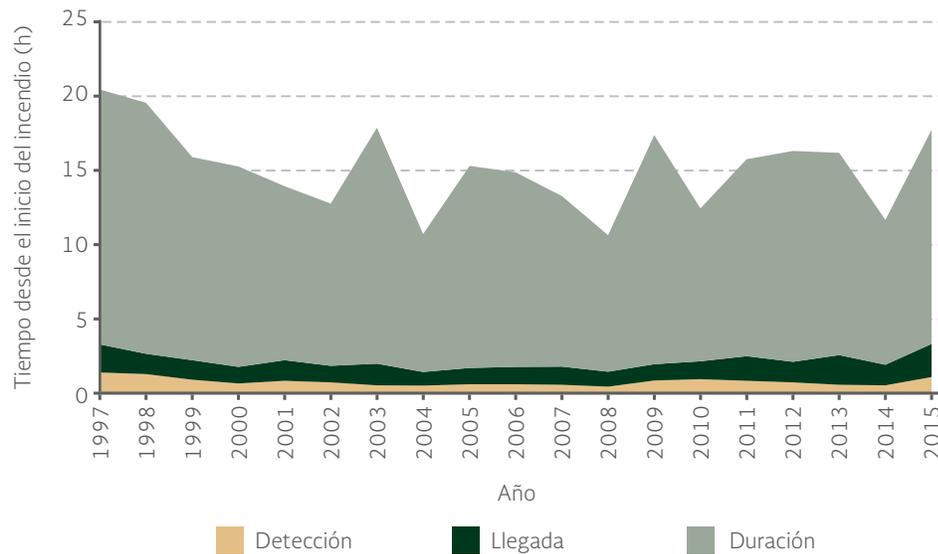
Fuente:
Elaboración propia con datos de:
Conafor, Semarnat. México. 2015.

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 quemas 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 varios elementos, como datos meteorológicos, cantidad de material combustible, topografía del sitio de interés, entre otros; y a partir de esta información se generan mapas que muestran los puntos críticos donde pueden presentarse los incendios. La detección de incendios en curso 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 2015, el tiempo promedio de detección de los incendios fue de 46 minutos, mientras que las llegadas para iniciar su combate promediaron una hora con 22 minutos y la duración de los incendios fue de 13 horas en promedio (Figura 2.41).

En resumen, hasta el año de 2015 los instrumentos de conservación, uso sustentable y recuperación de los ecosistemas atendieron en conjunto, una superficie acumulada de casi 97

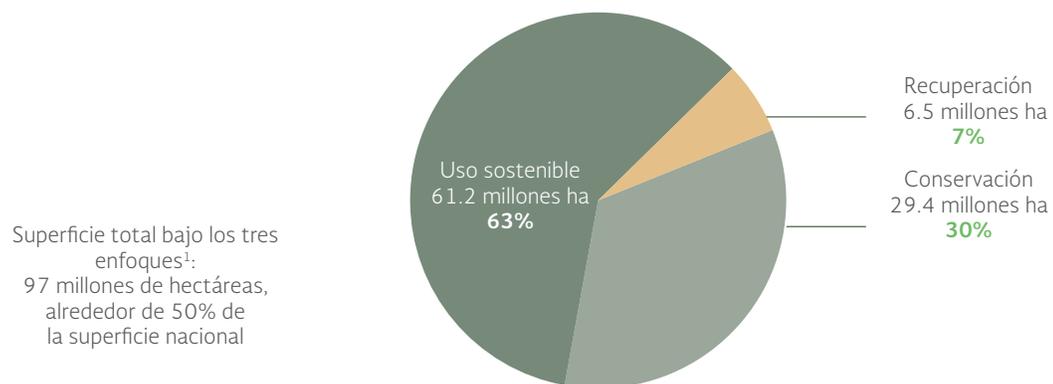
Figura 2.41 | Duración promedio de los incendios forestales en México, 1997 - 2015



Fuente:
Elaboración propia con datos de:
Gerencia de Incendios Forestales. Conafor, Semarnat. México. Septiembre 2015.

millones de hectáreas, lo que representa cerca del 50% del territorio nacional (Figura 2.42). Es importante señalar que debido a que existe traslape entre las superficies atendidas por algunos instrumentos (p. ej., las Uma y los PSA con las ANP o las zonas que se reforestan dentro de las ANP) la superficie atendida podría ser menor.

Figura 2.42 | Superficie nacional con programas de enfoque de conservación, uso sustentable y de recuperación de ecosistemas terrestres, 2015



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:
Elaboración propia con datos de:
Conafor. México. 2015.
Conanp. México. 2015.
DGVS. México. 2015.

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 transformación de varios 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 y al uso sustentable de los recursos naturales. En contraste, la falta de planeación ha provocado 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.

El instrumento emanado de las consultas y estudios coordinados por el gobierno que pretende 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).

Con base en el reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), 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 del 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. Estos lugares se denominan áreas prioritarias y de aptitud sectorial. En este sentido el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT) orienta la vocación de la tierra para el establecimiento de actividades productivas o de asentamientos humanos; también procura mantener los bienes y servicios ambientales; promueve la protección y conservación de los ecosistemas y su biodiversidad; fortalece el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SNANP); media en la solución de conflictos ambientales, y facilita la gestoría de la Administración Pública Federal (APF). La clasificación ecológica del territorio nacional (aptitud sectorial), a su vez permite establecer las estrategias necesarias para 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 algunas 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 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, 2015). 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 regionales o de nivel estatal 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 junio de 2015 la Dirección General de Política Ambiental e Integración Regional y Sectorial de la Semarnat (DGPAIRS) tenía registrados 71 ordenamientos 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, 45 contaban con decreto y varios más se encontraban en proceso de formulación a cargo de los gobiernos estatales (Figura 2.43). Actualmente, alrededor del 48% de la superficie terrestre nacional, es decir, 94.5 millones de hectáreas, cuenta con un ordenamiento ecológico decretado, ya sea regional o local.

Recuadro | Ordenamientos ecológicos marinos

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. El primero de ellos cubre una superficie de 24.71 millones de hectáreas (Mapa 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 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 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

Mapa a | Ordenamientos ecológicos marinos



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.

Referencias:

DGPAIRS, Semarnat. México. 2012.

DOF. *Decreto por el que se aprueba el Programa de Ordenamiento Ecológico Marino del Golfo de California*. Diario Oficial de la Federación. México. 2006 (29 de noviembre).

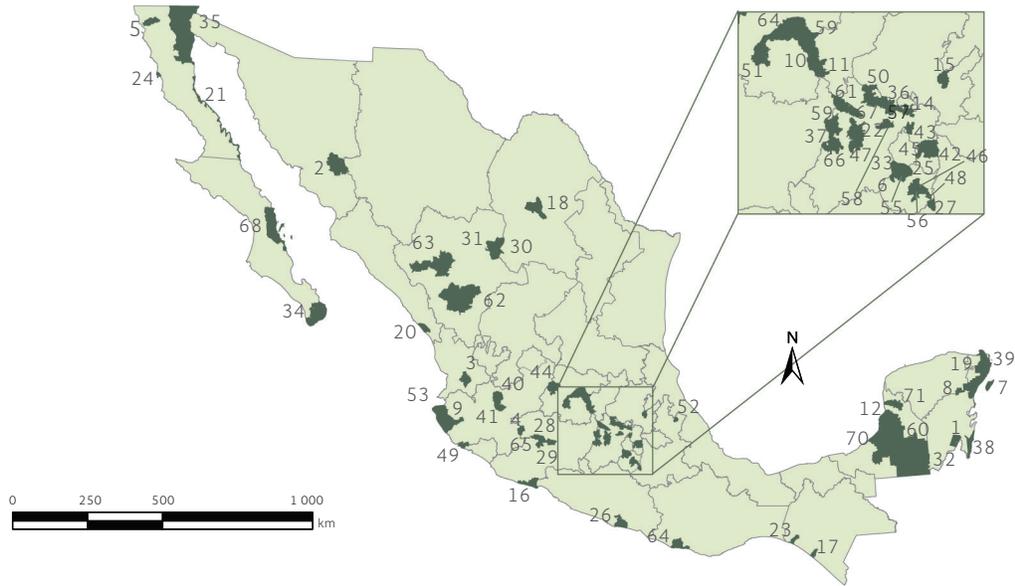
DOF. *Acuerdo por el que se expide la parte marina del Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe y se da a conocer la parte regional del propio Programa*. Diario Oficial de la Federación. México. 2012 (24 de noviembre).

Mapa 2.25 | Ordenamientos ecológicos regionales decretados, 2015



Fuente:
Dirección General de Política Ambiental e Integración Regional y Sectorial, Semarnat. México. 2015.

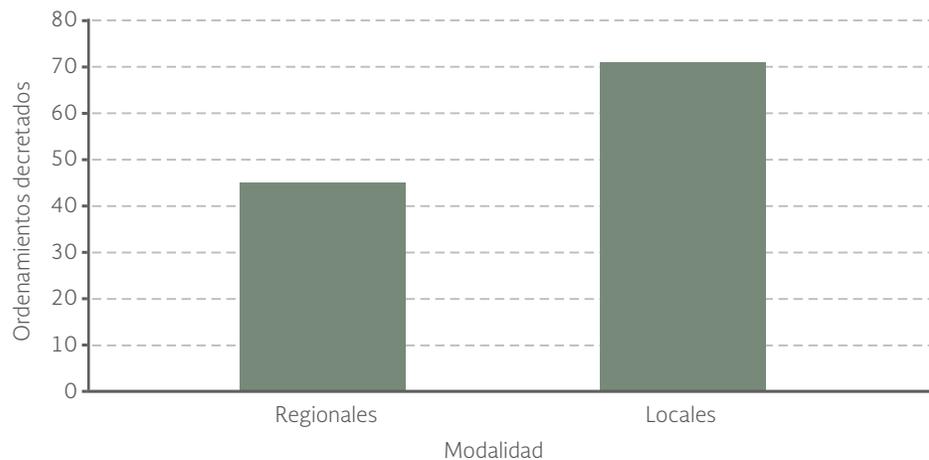
Mapa 2.26 | Ordenamientos ecológicos locales decretados, 2015



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

Fuente: Dirección General de Política Ambiental e Integración Regional y Sectorial, Semarnat. México. 2015.

Figura 2.43 | Ordenamientos ecológicos locales y regionales decretados, 2015



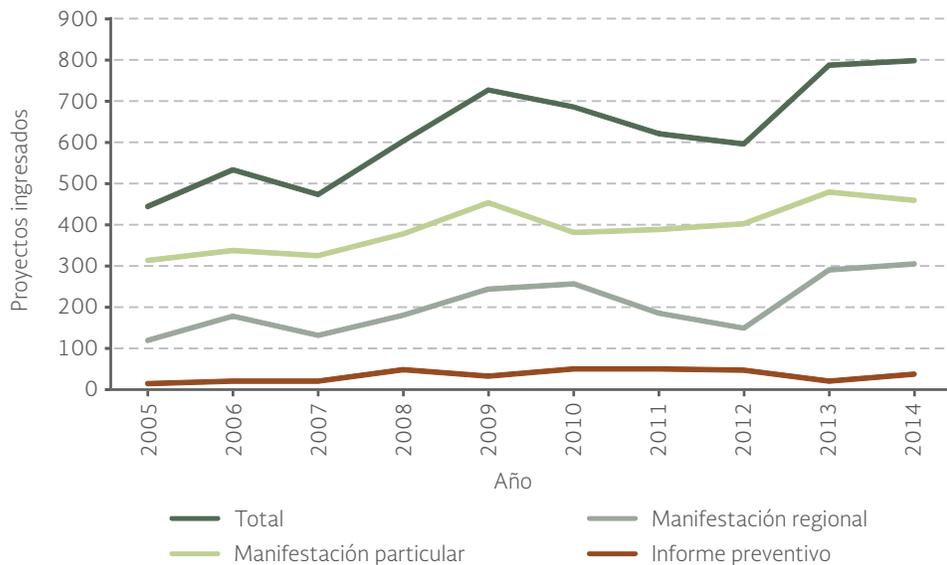
Fuente:
Dirección General de Política Ambiental e Integración Regional y Sectorial, Semarnat. México. 2015.

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, a fin de evitar o reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente y la salud humana.

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) y su Reglamento en Materia de Impacto Ambiental (REIA). 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 contenida en ellos. El 30 de mayo de 2012 fueron publicadas las modificaciones al Reglamento en Materia de Impacto Ambiental, mismas que entraron en vigor el 29 de junio del mismo año (DOF, 2012). 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

Figura 2.44 | *Proyectos ingresados bajo el procedimiento de evaluación de impacto ambiental por tipo de estudio, 2005 - 2014*



Fuente:
Elaboración propia con datos de:
Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental, Semarnat. Mayo 2015.

impacto ambiental de todas aquellas obras y actividades que no se encuentren en el listado de competencia federal. Otra reforma importante fue el cambio de las modalidades general, intermedia y específica, por las de regional y particular.

En términos 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 al Reglamento en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental (REIA). En la Figura 2.44 se muestran el número de proyectos ingresados para la evaluación de impacto ambiental en cada modalidad en el periodo 2005-2014 ([Cuadro D4_IMPACTO00_02](#)).

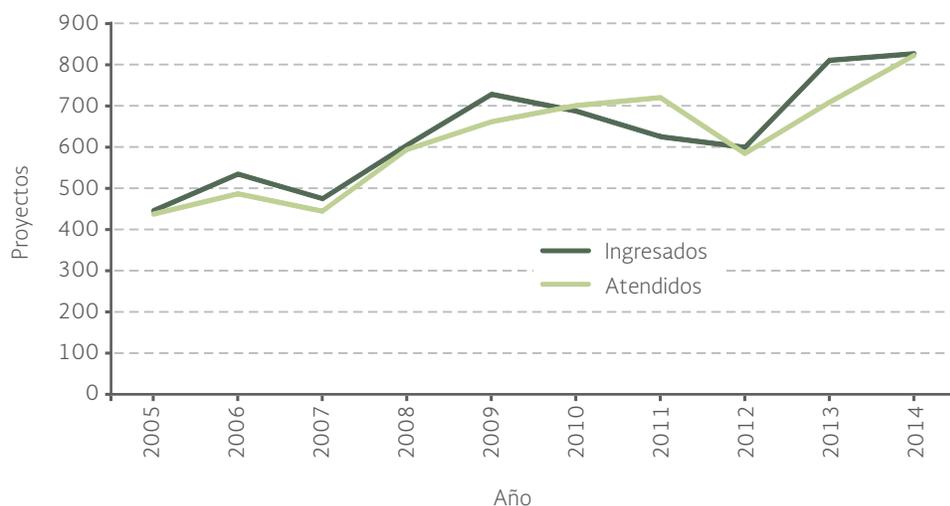
Una vez evaluada la manifestación de impacto ambiental, la Semarnat emite la resolución correspondiente, la cual puede negar o aprobar la autorización para la ejecución del proyecto. En caso de aprobación, ésta puede darse en los términos solicitados o si se considera necesario, señalando las condiciones 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 2005-2014, la Semarnat recibió 6 322 proyectos (702 en promedio por año) y atendió 6 145 evaluaciones (Figura 2.45; Cuadro D4_IMPACTO00_02). La mayoría de los proyectos ingresados correspondieron a obras y actividades de servicios de los sectores de vías generales de comunicación (4 282 proyectos), recursos hidráulicos (1 951), turismo (1 551), gasero (1 090) e industrial (957; Figura 2.46; Cuadro D4_IMPACTO00_03).

Los estados que en el periodo 2005-2014 ingresaron el mayor número de proyectos al procedimiento de impacto ambiental fueron Guerrero (570), Quintana Roo (499) y Veracruz (468); en contraste, Morelos (35), Distrito Federal (45), Tlaxcala (45), Zacatecas (52) y Durango (54) fueron las entidades que tuvieron menor demanda de evaluación de proyectos (Mapa 2.27; Cuadro D4_IMPACTO00_01). El total de proyectos atendidos, por entidad federativa, se muestra en el Mapa 2.28.

Figura 2.45 | *Proyectos ingresados y atendidos bajo el procedimiento de evaluación de impacto ambiental, 2005 - 2014¹*



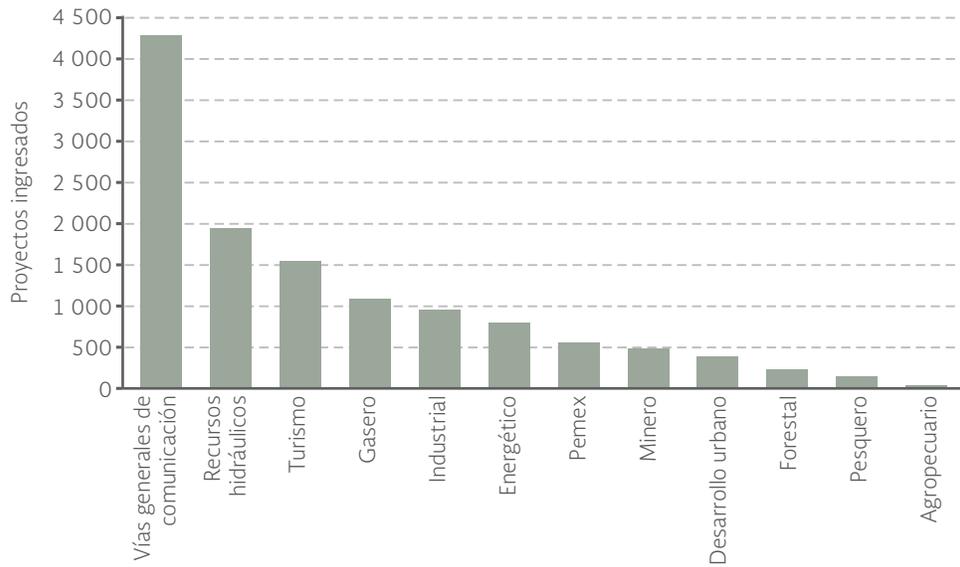
Nota:

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:

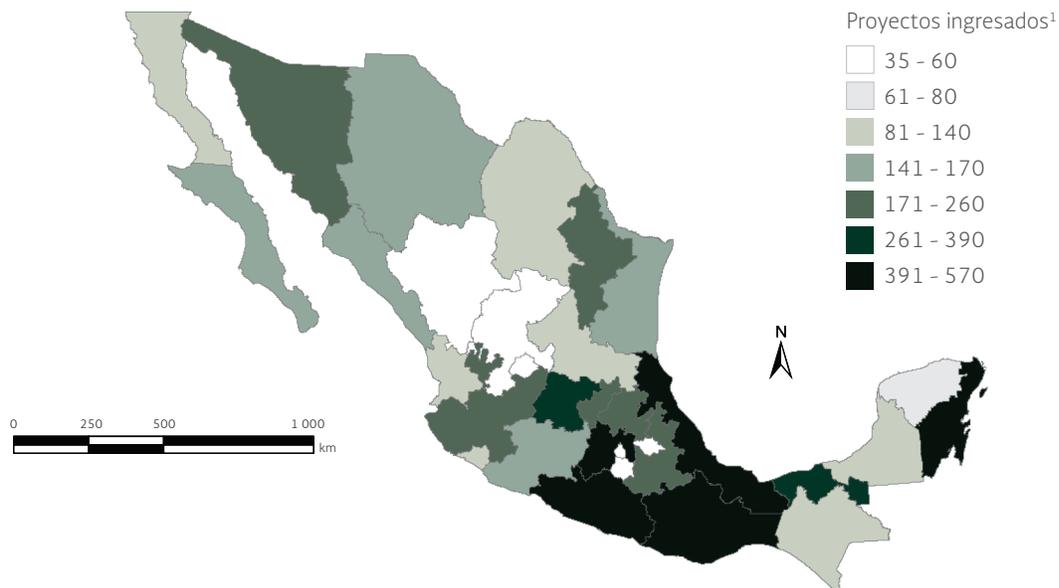
Elaboración propia con datos de:
Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental, Semarnat. Mayo 2015.

Figura 2.46 | *Proyectos ingresados y atendidos bajo el procedimiento de evaluación de impacto ambiental por tipo de obra o actividad, 2005 - 2014*



Fuente:
Elaboración propia con datos de:
Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental, Semarnat. Mayo 2015.

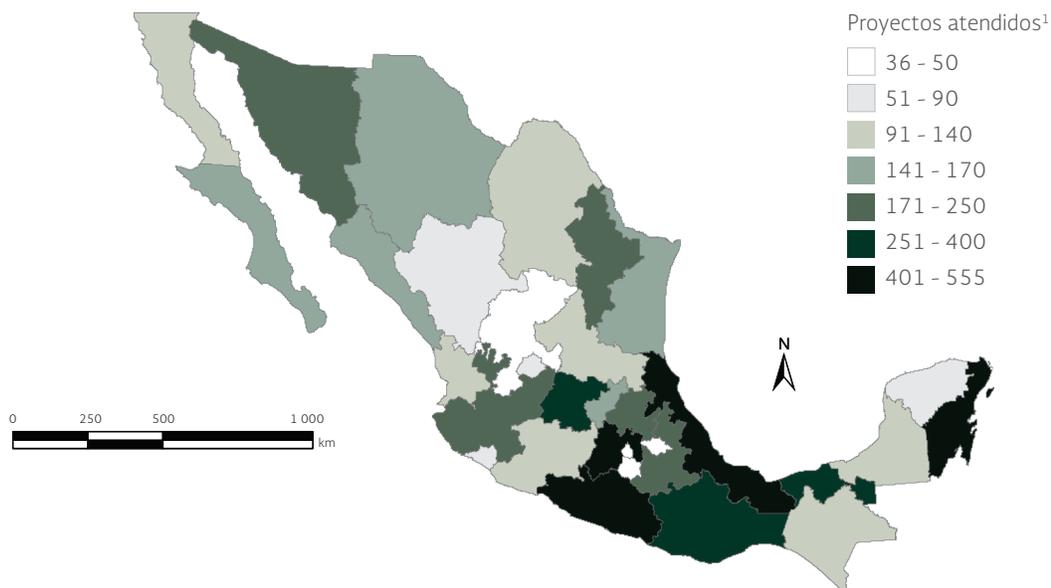
Mapa 2.27 | *Proyectos ingresados bajo el procedimiento de evaluación de impacto ambiental por entidad federativa, 2005 - 2014*



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

Fuente:
Elaboración propia con datos de:
Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental, Semarnat. Mayo 2015.

Mapa 2.28 | *Proyectos atendidos bajo el procedimiento de evaluación de impacto ambiental por entidad federativa, 2005 - 2014*



Nota:

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

Fuente:

Elaboración propia con datos de:
Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental, Semarnat. Mayo 2015.

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.

Challenger, A. *Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, presente y futuro*. UNAM-Instituto de Biología. México. 1998.

Conafor. *Inventario Nacional Forestal y de Suelos*. Informe 2004-2009. Conafor. México. 2011.

Conanp. Áreas naturales protegidas. Conafor. México. Disponible en: www.conanp.gob.mx/. Sistema de información geográfica. <http://sig.conanp.gob.mx/website/pagsig/>. Fecha de consulta noviembre 2015.

Cotecoca y Sagarpa. *Monografías de Coeficientes de Agostadero*. Cotecoca, Sagarpa. México. Abril 2015.

Cotecoca. *Monografías de Coeficientes de Agostadero, años 1972-1981*. Cotecoca. México. 2004.

Dale, V.H., L.A. Joyce, S. McNulty, R.P. Neilson, M.P. Ayres, M.D. Flannigan, P.J. Hanson, L.C. Irland, A.E. Lugo, C.J. Peterson, D. Simberloff, F. J. Swanson, B.J. Stocks y B.M. Wotton. Climate change and forest disturbances. *Bioscience* 51: 723-734. 2001.

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. *Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Impacto Ambiental*. México. 2015. (9 de enero).

- FAO. *Global Forest Resources Assessment 2015*. FAO. Roma. 2015.
- FAO. *Global Forest Resources Assessment, terms and definitions 2012*. FAO. Roma. 2012.
- Haltenhoff, H. *Manual de efectos del fuego y evaluación de daños*. Proyecto FAO/TCP/ GUA/2903. Guatemala. 2005.
- INEGI. *Carta de Uso de Suelo y Vegetación, Serie I (1968-1986), escala 1:250 000*. INEGI. México. 1993.
- INEGI. *Carta de Uso de Suelo y Vegetación, Serie II (Reestructurada) (1993), escala 1:250 000*. INEGI. México. 2004.
- INEGI. *Carta de Uso de 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. *Guía para la interpretación de cartografía Uso del suelo y vegetación Escala 1:250 000 Serie V*. INEGI. México. 2015.
- INE y Semarnat. La modelación de la deforestación en México e implicaciones para proyectos de captura de carbono. INE, Semarnat. México. Disponible en: www2.inecc.gob.mx/cclimatico/definfesp.html. Fecha de consulta: noviembre de 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 y S. Murray. *Pilot Analysis of Global Ecosystems. Forest Ecosystems*. WRI. Washington, D. C. 2000. Disponible en: www.wri.org/publication/pilot-analysis-global-ecosystems-forest-ecosystems.
- Millennium Ecosystem Assessment. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press. Washington. 2005.
- Red Nacional de Sistemas Estatales de Áreas Naturales Protegidas (RANP). Disponible en: www.anpsestatales.mx/index.php. Fecha de consulta: noviembre 2015.
- Ritters, K., J. Wickham, R. O'Neill, B. Jones y E. Smith. Global scale patterns of forest fragmentation. *Conservation Biology* 4: 3-13. 2000.
- Sánchez-Colón, S., A. Flores Martínez, I.A. Cruz-Leyva y A. Velázquez. 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 Forestal Periódico 1992-1994*. SARH. México. 1994.
- SCBD. *The Value of Forest Ecosystems. Secretariat of the Convention on Biological Diversity*. CBD Technical Series No. 4. 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. *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. 2001c.
- Semarnat y CP. *Evaluación de la Degradación del Suelo Causada por el Hombre en la República Mexicana, a escala 1: 250 000. Memoria Nacional 2001-2002*. Semarnat, CP. México. 2003.
- Semarnat, DGPAIRS. *Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio. México. 2012*. Disponible en: www.Semarnat.gob.mx/temas/ordenamiento-ecologico/programa-de-ordenamiento-ecologico-general-del-territorio-poegt. Fecha de consulta: septiembre 2015.
- Semarnat. *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México 2012*. Semarnat. México. 2013.
- Conafor, Semarnat. *Inventario Forestal Nacional 2000*. Conafor, Semarnat. México. 2001.
- UNEP. *Keeping Track of Our Changing Environment: From Rio to Rio+20 (1992-2012)*. UNEP. Nairobi. 2011.
- Vargas-Larreta, B.; J.J. Corral-Rivas, O. Aguirre-Calderón y J. Nagel. Modelos de crecimiento de árbol individual: Aplicación del Simulador BWINPro7. *Madera y Bosques* 16 (4): 81-104. 2010.
- Velázquez, A., J.F. Mas, G. Bocco y E. Ezcurra. Patrones y tasas de cambio de uso del suelo en México. *INE-Gaceta Ecológica*, 62: 21-37. 2002.

El papel ecológico de las RANAS Y SAPOS

RECOMENDADO PARA:

PROGRAMA ENP: INICIACIÓN
UNIVERSITARIA III
PROGRAMA CCH: BIOLOGÍA II

OBJETIVO DE APRENDIZAJE:

Conocer el papel ecológico de algunas especies de ranas y sapos dentro de las cadenas y redes tróficas según el estrato vertical de una selva tropical.

SIMBOLOGÍA



INSTRUCCIONES

1. Descarga Adobe Acrobat – PDF y E-signature Tools, que permite subrayar y hacer anotaciones a documentos en PDF. Puedes descargarlo en: <http://pdf-xchange-viewer.softonic.com/descargar>
2. Obtén una cuenta en la aplicación Padlet, Google Jamboard, GitMind, Miro o Bubbl.us
3. Formar equipos de 3-4 integrantes.

MATERIALES Y RECURSOS TIC

Para realizar esta actividad necesitas:

Adobe Acrobat - PDF

Padlet, Google Jamboard, GitMind, Miro o Bubbl.us

PDF Imagen dosel tomado de Redes de interacciones para el estudio de la biodiversidad
Jorge Mario Herrera-Lopera Juan Manuel Díaz García , Eduardo Pineda Carlos A. Cultid-Medina.
Desde el suelo hasta el dosel: el papel ecológico de ranas y sapos

Biodiversitas Núm. 155 marzo-abril de 2021

PDF lectura pag Redes de interacciones para el estudio de la biodiversidad

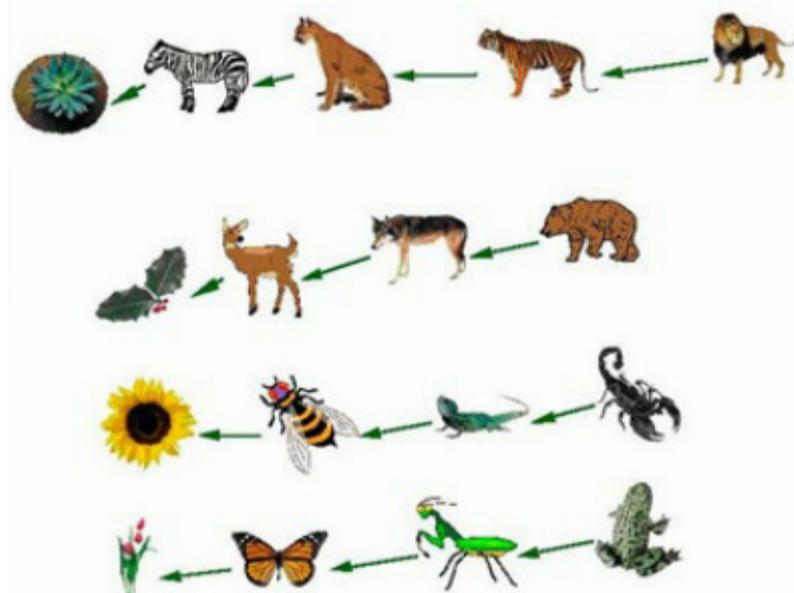
Jorge Mario Herrera-Lopera Juan Manuel Díaz García ,Eduardo Pineda Carlos A. Cultid-Medina
Desde el suelo hasta el dosel: el papel ecológico de ranas y sapos

Biodiversitas Núm. 155 marzo-abril de 2021



INTRODUCCIÓN

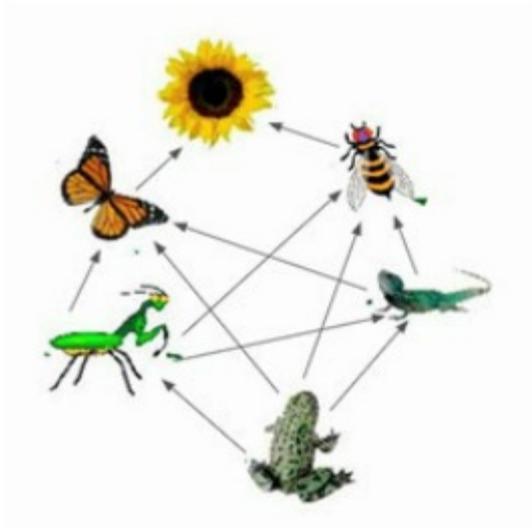
Todos los **organismos** vivos que comparten un mismo espacio interactúan entre sí. Estas **interacciones biológicas** pueden involucrar a individuos de la misma o de diferentes **especies**. Cuando estas interacciones se centran en la alimentación, son las denominadas interacciones tróficas. En ecología, una **cadena trófica** o **cadena alimentaria (fig1)** es una serie de organismos que se comen entre ellos (un productor es comido por un herbívoro o consumidor primario y éste es comido por un depredador o consumidor secundario) para obtener la energía y los nutrientes que necesitan. Pero mediante una vía lineal no siempre es posible describir completamente todo que podría comer un organismo. Para ello se utiliza una **red trófica (fig2)**, que está conformada por muchas cadenas alimentarias que se intersecan y que representan las diferentes cosas o los otros organismos de los cuales se alimenta.



File:Noticia-166733-cadena-alimenticia.jpg - Wikimedia Commons.
(2017, 18 diciembre).

Figura 1 Cadena Alimenticia

<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Noticia-166733-cadena-alimenticia.jpg>



File:Noticia-166733-cadena-alimenticia.jpg - Wikimedia Commons. (2017b, diciembre 18).

Fig 2 Cadena alimenticia

Tomado de <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Noticia-166733-cadena-alimenticia.jpg>

Actividad 1

1. Formar equipos de 3-4 integrantes
2. En equipo crear un muro digital colaborativo utilizando la aplicación Padlet o Google Jamboard
3. Observen y analicen del documento PDF Imagen Dosel, la imagen dosel tomado de Redes de interacciones para el estudio de la biodiversidad

¿Qué información podemos obtener de ella? Justifiquen su respuesta

4. Publiquen en el muro colaborativo del equipo y compartan con el grupo sus respuestas
5. Para conocer con detalle la información que brinda la imagen realicen la Actividad 2



1. En forma individual, realicen la lectura "Desde el suelo hasta el dosel: el papel ecológico de ranas y sapos", Redes de interacciones para el estudio de la biodiversidad (pp. 7-11)
2. Utilizando Adobe Acrobat- PDF, cada integrante del equipo, seleccionará y subrayará el artículo destacando los conceptos clave, tanto principales, como secundarios.
3. Inserta comentarios personales, recuerda que puedes usar líneas, óvalos, recuadros o marcas personales al margen para insertar comentarios.
4. Comenta el artículo ya subrayado y tus anotaciones con los demás integrantes de tu equipo. Elaboren en conjunto nuevas anotaciones para unificar sus criterios.
5. De manera individual,, contesta con base en la lectura del artículo las siguientes preguntas:
 - a. ¿Cuál es uno de los papeles fundamentales que desempeñan las ranas y los sapos en muchos ecosistemas?
 - b. ¿En general qué animales se alimentan de ranas y sapos?
 - c. ¿Qué tipo de animales llegan a depredar a las ranas y sapos?
 - d. ¿Cuáles son los nombres de los niveles o estratos verticales en donde se pueden distribuir las ranas y sapos?
6. Publica en el muro colaborativo del equipo tus respuestas. No olvides etiquetar tus respuestas con tu nombre.
7. Explica de forma breve con tus propias palabras ¿Por qué es importante conservar a las ranas y sapos?. Publica, con tu nombre, tu respuesta en el muro colaborativo del grupo.

Idea clave de la lectura:
El papel ecológico de las ranas y sapos en los estratos de la selva tropical en México



RECOMENDACIONES:

1. Realiza una primera lectura exploratoria rápida y sin detenerte para ver de qué se trata la lectura. Conviene fijarse en títulos y subtítulos, pistas que da el autor, dónde están las ideas principales, etc.
2. Vuelve a leer la lectura de forma detenida para poder subrayar y realizar las anotaciones necesarias. Al terminar, sólo lee lo que subrayaste, así como tus anotaciones.

Actividad 3

1. Crear un muro digital en equipo, crear una sección con el nombre "Papel que juegan las ranas y sapos dentro de una cadena alimenticia"
2. En equipo completen la Tabla 1.
3. Publiquen y compartan la Tabla 1 ya completada en el muro colaborativo del equipo. Compartir entre los equipos del grupo el muro digital creado.
4. Comentar por lo menos dos de los muros colaborativos compartidos por sus compañeros. Agregar comentarios en el mismo muro colaborativo compartido.

RECOMENDACIONES:

1. Para poder completar la tabla podrán utilizar la información encontrada en la **lectura** "Desde el suelo hasta el dosel: el papel ecológico de ranas y sapos", Redes de interacciones para el estudio de la biodiversidad (pp. 7-11)
2. También deberán investigar cuáles son los productores y la fuente primaria que éstos utilizan.

Fuente de energía primaria	productor	consumidor primario	consumidor secundario	consumidor terciario
Sol	PLANTA	GRILLO	Rana arbórea de ojos rojos <i>Agalychnis callidryas</i>	Quetzal mesoamericano <i>Pharomachrus mocinno</i> ; -
SOL			Rana arbórea de ojos rojos <i>Agalychnis callidryas</i>	
Sol			Sapo de los pinos <i>Incilius occidentalis</i>	
Sol			Sapo de los pinos <i>Incilius occidentalis</i>	

Tabla 1. Cadenas tróficas

REVISIÓN DEL TEMA

En una sesión con el profesor cada equipo revisará los muros colaborativos compartidos en Padlet o Google Jamboard para cada una de las tres actividades y hará comentarios.

EVALUACIÓN

Se considerará el tipo de información presentada, el análisis, la representación y las respuestas que se suba al panel de su elección (Padlet, Jamboard, Canva o Bubbl.us)

PROPUESTA DE RÚBRICA DE EVALUACIÓN ACTIVIDAD 1

Criterios	Excelente	Bien	Regular	Deficiente
Actividad 1 (Incorporación de imagen y comentario o respuesta en los muros colaborativos de Padlet, Jamboard, Canva, Bubble.us u otra aplicación)	Su respuesta es detallada y se presenta justificada.	La respuesta es concisa y justificada.	Hay una respuesta pero no se tiene una justificación adecuada.	No hubo respuesta, fue nula o sin justificación.
Actividad 2 (lectura)	El equipo presenta anotaciones y un resumen con los aspectos principales del artículo	El equipo presenta anotaciones y un resumen con algunos aspectos principales del artículo	El equipo presenta anotaciones y un resumen con escasos aspectos principales del artículo.	El equipo no presenta anotaciones ni resumen
Actividad 2 (Cuestionario)	Los estudiantes respondieron correctamente todas las preguntas del cuestionario; además las compartieron en su muro colaborativo y las comentaron en sesión grupal.	Los estudiantes respondieron correctamente 4 preguntas del cuestionario; las compartieron en su muro colaborativo y las comentaron en sesión grupal.	Los estudiantes respondieron correctamente 3-4 casillas de la tabla; las compartieron en su muro colaborativo y las comentaron en sesión grupal.	Los estudiantes respondieron correctamente dos o menos casillas de la tabla, y/o no las compartieron en su muro colaborativo y/o no las comentaron en sesión grupal.

PROPUESTA DE RÚBRICA DE EVALUACIÓN ACTIVIDAD 1

Criterios	Excelente	Bien	Regular	Deficiente
Actividad 3 (Tabla)	Los estudiantes respondieron correctamente todas casillas de la tabla además las compartieron en su muro colaborativo y las comentaron en sesión grupal.	Los estudiantes respondieron correctamente 4 casillas de la tabla; las compartieron en su muro colaborativo y las comentaron en sesión grupal	Los estudiantes respondieron correctamente 3-4 casillas de la tabla; las compartieron en su muro colaborativo y las comentaron en sesión grupal.	Los estudiantes respondieron correctamente dos o menos casillas de la tabla, y/o no las compartieron en su muro colaborativo y/o no las comentaron en sesión grupal.
TOTAL				

GLOSARIO

Cadena trófica o cadena alimentaria

La cadena trófica o cadena alimentaria de un ecosistema es un esquema en el que aparecen representadas las relaciones lineales existentes entre las especies de organismos consumidos y consumidores. Es decir, mediante flechas se muestran cómo se transfiere la energía de un organismo, perteneciente a un nivel trófico inferior, a otro organismo, que ocupa un nivel trófico superior.

Márquez, A. (2022, 30 agosto). *Qué es una cadena trófica y ejemplos*. *ecologiaverde.com*. Recuperado de <https://www.ecologiaverde.com/que-es-una-cadena-trofica-y-ejemplos-3170.html>

Ecología

La ciencia que estudia los sistemas a un nivel en el cual, los organismos completos (o individuos) pueden considerarse elementos de interacción, tanto entre ellos como con la matriz ambiental.

Portillo, S. R. (2020, 1 abril). *Qué es la ecología de poblaciones o demoecología*. *ecologiaverde.com*. Recuperado de <https://www.ecologiaverde.com/que-es-la-ecologia-de-poblaciones-o-demoecologia-2522.html>

Especies

La especie es el grupo de organismos que pueden reproducirse y producir descendencia fértil.

En general, los individuos de una especie se reconocen porque son similares en su forma y función. Sin embargo, muchas veces los individuos de una especie son muy diferentes. Por ejemplo, los machos y las hembras en las aves son muy diferentes, los renacuajos son muy diferentes de las ranas, las orugas son muy distintas a las mariposas.

También sucede lo contrario, algunas especies distintas son muy similares y a veces difíciles de distinguir aun para los ojos más expertos.

CONABIO. (2022, 25 octubre). *¿Qué son las especies?* Biodiversidad Mexicana. Recuperado de

<https://www.biodiversidad.gob.mx/especies/queson>

Interacciones biológicas

Las interacciones biológicas son las relaciones entre los organismos de una comunidad biológica dentro de un ecosistema. En un ecosistema no existen organismos totalmente aislados de su entorno. Estos son parte del medio ambiente, rico en elementos no vivos —materia inorgánica— y en otros organismos de la misma o de otras especies, con los cuales forman múltiples interacciones.

Las interacciones biológicas se clasifican en 6 principales: Competencia, Amensalismo, Antagonismo, Neutralismo, Comensalismo y Mutualismo.

Colaboradores de Wikipedia. (2022, 27 octubre).

Interacción biológica. Wikipedia, la enciclopedia libre. Recuperado de

https://es.wikipedia.org/wiki/Interacción_biológica

Organismos

En biología, se llama organismo o ser vivo a un individuo singular y diferenciado, compuesto por un conjunto de materia orgánica jerarquizada y especializada. Lo constituyen sistemas de transmisión y comunicación bioquímica, que le permiten conservar su equilibrio interno a la vez que intercambiar materia y energía con el entorno que lo rodea. Dicho en otras palabras, un organismo es una entidad viviente, dotada de la capacidad de nutrirse, crecer, reproducirse y morir.

Los organismos se clasifican de acuerdo a diversos criterios. El principal criterio, es semejanza corporal y fisiológica, y su pertenencia a un grupo evolutivo determinado que comparte un antepasado común (un taxón).

Concepto de Organismo - *Tipos, ejemplos, ser humano*. (s. f.). Concepto. Recuperado de <https://concepto.de/organismo/>

Red trófica

Se denomina red trófica, red alimentaria, o ciclo alimenticio a la natural interconexión de todas las cadenas alimenticias pertenecientes a una

comunidad ecológica. Generalmente es representada de manera visual, a manera de una red o también de una pirámide.

Recordemos que dichas cadenas alimentarias describen linealmente **el modo en que la materia y la energía pasan de unos seres vivos a otros** dentro de un hábitat específico. Dicho de otro modo, la suma de todas las cadenas tróficas de un ecosistema dará como resultado su red alimentaria.

Las relaciones tróficas entre diversas formas de vida se comprenden en base a una distinción primaria y fundamental entre los organismos:

- Organismos autótrofos. Son capaces de sintetizar sus nutrientes a partir de materia inorgánica.
- Organismos heterótrofos. Son incapaces de dicha síntesis y por lo tanto están obligados a consumir la materia orgánica de otros seres vivos, ya sean autótrofos o heterótrofos a su vez.

Red Trófica - Concepto, tipos, cadena trófica, pirámide trófica. (s. f.). Concepto. Recuperado de <https://concepto.de/red-trofica/>

Tróficas

Del τροφή τροφός 'alimenticio'.

1. adj. Biol. Perteneciente o relativo a la nutrición.

Just a moment. . . (s. f.). Recuperado de <https://dle.rae.es/trófico>

PARA SABER MÁS

- Audesirk, T. y Audesirk, G. (2008). *Biología, La vida en la Tierra*. México: Prentice-Hall, Hispanoamericana.
- Cadenas y redes alimenticias <https://e1.portalacademico.cch.unam.mx/alumno/biologia2/estructura-procesos-ecosistema/cadenas-redes-alimenticias>
- Puntaje Nacional Chile. (2012, 26 noviembre). Cadenas Tróficas [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=Blo3cnNeV9k>



SECCIÓN DE MATERIALES DIDÁCTICOS

Desde el suelo hasta el dosel: el papel ecológico de

LAS RANAS Y LOS SAPOS

JORGE MARIO HERRERA-LOPERA^{1,3}, JUAN MANUEL DÍAZ GARCÍA^{1,2},
EDUARDO PINEDA¹, CARLOS A. CULTID-MEDINA^{3*}

Las ranas y los sapos son animales vertebrados que conforman el grupo conocido como anuros, el cual a su vez forma parte de la clase de los anfibios. Los anuros se caracterizan por tener un ciclo de vida de dos fases: acuática en etapa como larva y terrestre en etapa como juvenil o adulto. Tienen un cuerpo corto, una piel desnuda y permeable, así como cuatro extremidades: las dos posteriores son más largas y musculosas que las dos anteriores, lo cual les confiere una notable capacidad para brincar y saltar. A escala global, distintas especies y poblaciones de anuros se están reduciendo a una tasa alarmante,¹ siendo el Neotrópico, que va desde el centro de México hasta el sur de Chile, la región más afectada.² Entre las principales causas de esta crisis se han identificado, en orden de importancia, la pérdida y degradación de los ecosistemas, las especies invasoras, las enfermedades causadas por hongos patógenos, la sobreexplotación, el cambio climático y la contaminación.² Tan sólo en 2018 se perdieron cerca de 3.6 millones de ha de diferentes bosques tropicales,³ dejando a los anuros que viven en los árboles, las epífitas o la hojarasca, sin hábitat y recursos indispensables para sobrevivir.

Uno de los países neotropicales con mayor número de especies de ranas y sapos es México. Sin embar-

go, factores como la acelerada expansión de las zonas agropecuarias y urbanas, y la propagación de enfermedades como la quitridiomycosis, causada por el hongo *Batrachochytrium dendrobatidis* (*Bd*), han provocado una reducción drástica de poblaciones de varias especies de anuros y en algunos casos la extinción local.⁴ En México se encuentran casi 260 especies de ranas y sapos nativas, y muchas de ellas se enfrentan día a día a estas y otras amenazas. Por ejemplo, en el 22% de las especies de anuros del país se ha detectado al hongo *Bd*, un patógeno que en altas intensidades de infección puede degradarles la piel y causarles la muerte.⁵

Desde un punto de vista ecológico, la disminución o desaparición de poblaciones de anuros genera una enorme preocupación, debido al papel fundamental que desempeñan en muchos ecosistemas. Por ejemplo, las ranas y sapos son eslabones intermedios en las redes tróficas y son un puente de energía entre los ambientes acuáticos y terrestres.⁶ En este sentido, los anuros son uno de los principales consumidores de invertebrados terrestres y acuáticos, como insectos y arañas. Al mismo tiempo, son la principal fuente de energía para otros vertebrados de mayor tamaño, como serpientes, aves y mamíferos. Incluso pueden ser alimento de invertebrados, como arañas y chinches de agua.

Bosque de niebla de la Sierra Nororiental de Puebla.

Foto: © Juan Manuel Díaz García





detritus, pero cuando son adultos consumen ácaros, hormigas, peces y moluscos que abundan en las orillas de los cuerpos de agua. Asimismo, los anuros de este estrato son presas indispensables de peces, aves pescadoras como garzas, y algunos mamíferos como mapaches y murciélagos.^{10, 11, 12}

Suelo del bosque (a nivel de suelo): los anuros de este estrato son comúnmente robustos, con piel especializada para evitar la deshidratación y algunos son cavadores. Este grupo está conformado por ranas que ponen huevos en los sitios húmedos del suelo y no presentan un estado larvario; sapos que utilizan cuerpos de agua sólo para reproducirse, y ranas que usan el agua retenida en bromelias o en troncos para depositar sus huevos o para refugiarse. Los anuros de este estrato comen principalmente hormigas, termitas, grillos, colémbolos, escarabajos y ácaros que son abundantes entre la hojarasca y los troncos caídos del bosque. Son el alimento de reptiles como serpientes, aves como los bienteveos y mamíferos medianos que usan el suelo del bosque.^{13, 14}

Sotobosque (1-2 m sobre el suelo): en este estrato se encuentran ranas de hábitos arbóreos o semiarbóreos; muchas de ellas descienden desde el dosel de los árboles para depositar sus huevos en la vegetación circundante a los cuerpos de agua. Se caracterizan por tener patas traseras largas y delgadas, muchas de ellas sin palmeaduras o con palmeaduras poco desarrolladas, cuerpos esbeltos de forma triangular y ojos prominentes. Las ranas de este estrato se alimentan principalmente de moscas, arañas y ácaros, y son alimento para las serpientes arborícolas y aves de percha baja, como bienteveos, y de percha intermedia, como momotos o barranqueros.^{8, 14} Los huevos que depositan estas ranas sobre la vegetación circundante a los cuerpos de agua son el alimento de insectos chupadores como las abejas y las avispas.

Dosel (más de 2 m sobre el suelo): aunque casi no las vemos, en la parte más alta del bosque viven ranas que aprovechan la copa de los árboles. Allí unas especies depositan sus huevos y las larvas se desarrollan en bromelias; otras optan por eclosionar sus huevos y desarrollar sus larvas dentro de bolsas similares a "marsupios" y el resto desciende temporalmente a estratos más bajos, como los cuerpos de agua a nivel del suelo, para reproducirse. Estas ranas que no temen a las alturas, poseen cuerpos comúnmente esbeltos y patas largas que les ayudan a desplazarse entre las ramas. En lo alto de los bosques, las ranas comen grillos o saltamontes, hormigas, avispas y escarabajos, entre otras especies. Las ranas de dosel sirven de alimento para serpientes y aves arborícolas como las culebras caracoleras y los quetzales.^{8, 14, 15}

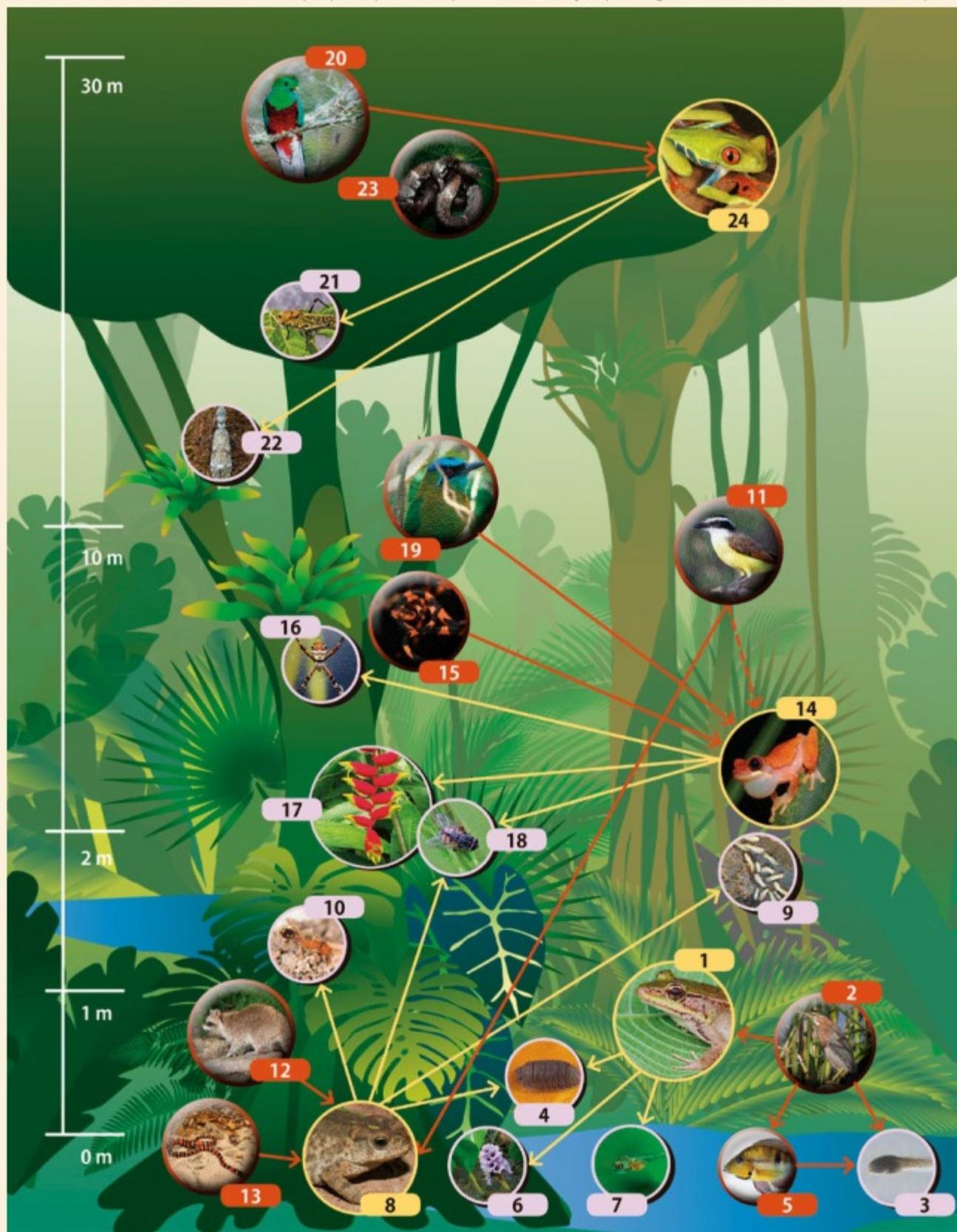
Paisaje de bosque de niebla del centro de Veracruz, México.
Foto: © Juan Manuel Díaz García

Distribución vertical y el papel ecológico de las ranas y los sapos en los bosques

En un bosque o selva tropical, además de distribuirse en el hábitat de forma horizontal, las especies de anuros se pueden distribuir en diferentes estratos del eje vertical. Algunos anuros usan los cuerpos de agua tanto lóticos (ríos, arroyos) como lénticos (lagos, charcos temporales, pozas permanentes) o ambos, como refugio o lugar de reproducción. Otros viven a nivel del suelo de los bosques, en microhábitats como la hojarasca, las raíces elevadas de árboles o los troncos caídos. También hay ranas que viven en arbustos de tamaño medio (1-2 m) o en la copa de los árboles y en las plantas epífitas fijadas a las ramas de los árboles, lo que se conoce como el dosel arbóreo.¹⁰

La función que cumple cada especie de anuro dentro de los ecosistemas depende estrechamente del estrato vertical donde habita.⁹ En general, podemos identificar cuatro estratos verticales usados por los anuros en el bosque:

Cuerpos de agua permanentes, charcas o arroyos temporales (a nivel de suelo): este estrato está formado por ranas que poseen patas posteriores largas y palmeadas, las cuales utilizan para desplazarse en el agua, donde obtienen su alimento y refugio. Algunos sapos usan este tipo de cuerpos de agua para reproducirse y, en menor medida, para alimentarse. Los anuros de este estrato son muy importantes para el flujo de energía entre ambientes terrestres y acuáticos, debido a que tienen una fase larvaria totalmente acuática y una fase adulta terrestre o semiacuática. En su fase larvaria, los renacuajos de estos anuros se alimentan principalmente de algas y



ESPECIES DE RANAS Y SAPOS

1. Rana verde - *Lithobates vaillanti*; 8. Sapo de los pinos - *Inciillus occidentalis*; 14. Ranita arborea - *Dendropsophus ebraccatus*; 24. Rana arborea de ojos rojos - *Agalychnis callidryas*

PRESAS Y SUSTRATOS USADOS POR LAS RANAS Y SAPOS

3. Renacuajo - *Dendropsophus ebraccatus*; 4. Cochinilla - *Cubañis murina*; 6. Jacinto de agua - *Pontederia azurea*; 7. Alevinos de peces; 9. Termitas - *Stoloterms ruficeps*; 10. Pequeña hormiga de fuego - *Solenopsis* sp.; 16. Araña tejedora - *Argiope argentata*; 17. Platanillo

- *Heliconia rostrata*; 18. Mosca doméstica - *Musca domestica*; 21. Saltamontes - *Taeniopoda auricomis*; 22. Machaca - *Fulgora latemaria*

PREDADORES DE LAS RANAS Y SAPOS

2. Garza - *Butorides virescens*; 5. Mojarra de la pasión - *Thorichthys pasionis*; 11. Bichofue - *Pitangus sulphuratus*; 12. Mapache - *Procyon lotor*; 13. Serpiente falsa coral - *Lampropeltis abnorma*; 15. Culebra cordelilla chata - *Imantodes cenchoa*; 19. Momoto corona negra - *Momotus lessonii*; 20. Quetzal mesoamericano - *Pharomachus mocino*; 23. Culebra caracolera jaspeada - *Sibon nebulatus*.



a)



b)



c)

Anuros endémicos de México que se encuentran en peligro de extinción.

a) Sapo de montaña (*Incilius cavifrons*).

Foto: © Juan M. Díaz-García

b) Ranita menor de bromelia (*Sarcohyia arborescandens*).

Foto: © Adriana Sandoval Comte

c) Rana de árbol de bromelia mayor (*Bromeliohyia dendroscarta*).

Foto: © José L. Aguilar López

¿Por qué es importante conservar las ranas?

Los anuros son uno de los grupos de vertebrados terrestres más antiguos: han poblado el planeta desde hace 360 millones de años. Por tanto, al conservarlos se preserva la historia evolutiva de organismos que aparecieron mucho antes que la especie humana, incluso antes que los dinosaurios.

Un breve vistazo a las ranas y sapos que viven a lo largo del eje vertical de los bosques, nos hace tomar conciencia de que la desaparición de estos animales rompería una parte importante de las redes tróficas de los ecosistemas. Esto puede traer como consecuencia un desbalance drástico en las poblaciones de los animales que se alimentan de ellas. Asimismo, sin las ranas, los insectos y arañas podrían aumentar su abundancia de manera desmedida y causar problemas en los bosques. Por ejemplo, de incrementarse la cantidad de grillos y otros insectos que se alimentan de las hojas jóvenes, se pondrían en riesgo el crecimiento y la persistencia de nueva vegetación.

La presencia de los anuros nos ayuda a diagnosticar la salud de los hábitats, debido a que tienen una piel desnuda y permeable que los hace altamente sensibles a los cambios en la humedad ambiental o en la temperatura atmosférica, así como a los contaminantes. En general, donde encontramos una alta riqueza y abundancia de anuros existe un bosque de buena calidad, con una alta disponibilidad de recursos alimentarios y de reproducción para los artrópodos, ranas y otros vertebrados.

La función de los anuros en las redes tróficas no sólo es importante en los bosques y selvas. Al alimentarse de gran cantidad de invertebrados, las ranas y sapos controlan poblaciones de insectos que podrían ser nocivos para la salud humana y para los cultivos agrícolas.¹³ Adicionalmente, desde épocas precolombinas y hasta la

actualidad, en toda América Latina los anuros han desempeñado un papel importante dentro de las sociedades humanas, ya sea desde el punto de vista culinario, teológico, fúnebre, medicinal o artístico.¹⁶ Diversas culturas prehispánicas dejaron como legado numerosas pinturas, esculturas y literatura relacionadas con las ranas que cohabitaban sus asentamientos.^{16, 17, 18} En la actualidad, al menos 30 especies de ranas y sapos forman parte de la alimentación, la medicina tradicional y la cultura de varias ciudades y pueblos originarios de México.¹⁹ De tal forma, con la conservación y recuperación de los anuros no sólo se mantienen las funciones ecológicas que desempeñan en los bosques y las selvas, sino también los servicios ecosistémicos de los que nos beneficiamos como sociedades humanas y que han marcado nuestra historia.

Todos podemos contribuir

En México, los anuros no son agresivos y son contadas las especies que pueden ocasionarnos algún daño si son molestadas. Si se observa una rana o sapo en la naturaleza lo más recomendable es no incomodarlos; por el contrario, si el animal está en una zona que puede ser riesgosa para él, lo más conveniente es hidratarlo con un poco de agua sobre su dorso y trasladarlo hasta una zona verde cercana. Recuerda siempre usar algún tipo de protección en las manos, como guantes o bolsas plásticas limpias antes de sujetarlo. Previamente a liberarlo, es importante cerciorarse de que la especie de anuro observada pertenezca a la región donde fue encontrada; de lo contrario, se puede estar contribuyendo a la introducción de especies exóticas que pueden generar un desbalance en los ecosistemas. Para ello se puede solicitar la ayuda de un experto, recurrir a fuentes en internet o consultar a algún habitante que tenga conocimiento sobre la naturaleza de la región.

Muchas de las enfermedades que afectan a las ranas, como la quitridiomycosis, son transmitidas y dispersadas por el desplazamiento humano. Es recomendable que al ingresar a un bosque, se verifique que el calzado esté limpio, para así evitar la dispersión de esporas de hongos nocivos provenientes de otros lugares previamente visitados.

Finalmente, se invita a investigar, comprender y difundir el papel de los anuros en los ecosistemas, y el grave problema de su conservación. Esto con el objetivo de tomar conciencia de la importancia de los anuros, así como de los problemas ambientales y sociales que podría ocasionar la desaparición de estos animales.

Bibliografía

¹ Blaustein, A. R., D. B. Wake y W. P. Sousa. 1994. Amphibian declines: judging stability, persistence, and susceptibility of populations to local and global extinctions. *Conservation Biology* 8(1): 60-71.

² WWF. 2018. *Living planet report, 2018: Aiming Higher*. M. Grooten y R. E. A. Almond (eds), Gland: World Wildlife Fund.

³ Weisse, M. y E. D. Goldman. 2019. The World Lost a Belgium-sized Area of Primary Rainforests Last Year. World Resources Institute. Referencia en línea disponible en: <https://www.wri.org/blog/2019/04/world-lost-belgium-sized-area-primary-rainforests-last-year>

⁴ Collins, J. P. y A. Storfer. 2003. Global amphibian declines: sorting the hypotheses. *Diversity and Distributions* 9(2): 89-98.

⁵ Bolom Huet, R., E. Pineda, F. Díaz Fleischer, A. Muñoz Alonso y J. Galindo González. 2019. Known and estimated distribution in Mexico of *Batrachochytrium dendrobatidis*, a pathogenic fungus of amphibians. *Biotropica. The Journal of Biology and Conservation*, DOI: 10.1111/btp.12697.

⁶ Hocking, D. J. y K. J. Babbitt. 2014. Amphibian contributions to ecosystem services. *Herpetological Conservation and Biology* 9(1): 1-17.

⁷ Lips, K. R., P. A. Burrowes, J. R. Mendelson III y G. Parra Olea. 2005. Amphibian Declines in Latin America: Widespread Population Declines, Extinctions, and Impacts 1. *Biotropica. The Journal of Biology and Conservation* 37(2), 163-165.

⁸ Jaksic, F. M., H. W. Greene y J. L. Yáñez. 1981. The guild structure of a community of predatory vertebrates in central Chile. *Oecologia* 49(1): 21-28.

⁹ Parmelee, J. R. 1999. Trophic ecology of a tropical anuran assemblage. *Natural History Museum The University of Kansas* 11: 1-59.

¹⁰ Muñoz Guerrero, J., V. H. Serrano y M. P. Ramírez Pinilla. 2007. Microhabitat use, diet and time of activity of four sympatric Neotropical hylid frogs (Anura: Hylidae). *Caldasia* 29(2): 413-425.

¹¹ Tuttle, M. D. y M. J. Ryan. 1981. Bat predation and the evolution of frog vocalizations in the Neotropics. *Science* 214(4521): 677-678.

¹² Mendoza Estrada, L. J., R. Lara López y R. Castro Franco. 2008. Dieta de *Lithobates zweifeli* Hillis, Frost y Webb 1984 (Anura: Ranidae) en un río estacional del centro de México. *Acta Zoológica Mexicana* 24(1): 169-197.



¹³ Astwood Romero, J. A., N. Álvarez Perdomo, M. F. Parra Torres, J. I. Rojas Peña, M. T. Nieto Vera y M. C. Ardila Robayo. 2016. Contenidos estomacales de especies de anuros en reservas naturales del municipio de Villavicencio, Meta, Colombia. *Caldasia* 38(1): 165-181.

¹⁴ Marchisin, A., y J. D. Anderson. 1978. Strategies employed by frogs and toads (Amphibia, Anura) to avoid predation by snakes (Reptilia, Serpentes). *Journal of Herpetology* 12(2): 151-155.

¹⁵ Toft, C. A. 1980. Feeding ecology of thirteen syntopic species of anurans in a seasonal tropical environment. *Oecologia* 45(1): 131-141.

¹⁶ López, J. L. A. y R. L. Manzano. 2016. Los anfibios en la cultura mexicana. *Ciencia* 67: 1-8.

¹⁷ Legast, A. 1993. *La fauna en el material precolombino Calima (No. 56)*. Bogotá: Fundación de Investigaciones Arqueológicas Nacionales, Banco de la República.

¹⁸ El País. 2018. *El sapo de Sonora, ¿el nuevo psicodélico sagrado mesoamericano?* Referencia en línea disponible en: https://elpais.com/internacional/2018/08/12/la_serpiente_emplumada/1534032108_084120.html

¹⁹ Díaz García, J. M., M. T. Oropeza Sánchez, J. L. Aguilar-López. 2019. Servicios ecosistémicos de los anfibios en México: un análisis de diversidad, distribución y conservación. *Revista Etnobiológica* 17(1): 49-60.

Rana de suelo de bosque (*Craugastor berkenbuschii*).
Foto: © José Luis Aguilar López

¹ Red de Biología y Conservación de Vertebrados, Instituto de Ecología, A.C., Xalapa, Veracruz, México.

² Red de Ecología Funcional, Instituto de Ecología, A.C., Xalapa, Veracruz, México.

³ Red de Diversidad Biológica del Occidente Mexicano, Instituto de Ecología, A.C., Pátzcuaro, Michoacán, México. e-mail: carlos.cultid@inecol.mx

Las especies y sus REDES DE INTERACCIÓN

RECOMENDADO PARA:

PROGRAMA ENP: BIOLOGÍA II
PROGRAMA CCH: BIOLOGÍA II, IV

SIMBOLOGÍA



OBJETIVO DE APRENDIZAJE:

Mostrar cómo interactúan las especies para poder conocer cómo se conforman y organizan las comunidades en los ecosistemas.



INSTRUCCIONES

1. Descarga Adobe Acrobat – PDF y E-signature Tools, que permite subrayar y hacer anotaciones a documentos en PDF. Puedes descargarlo en: <http://pdf-xchange-viewer.softonic.com/> descargar
2. Obtén una cuenta en la aplicación Padlet, Google Jamboard, GitMind, Miro o Bubbl.us

MATERIALES Y RECURSOS TIC

Para realizar esta actividad necesitas:

Aplicaciones: Adobe Acrobat - PDF Padlet, Google Jamboard, GitMind, Miro o Bubbl.us
PDF lectura Redes de interacciones para el estudio de la biodiversidad Ek del Val de Gortaria (2022) Revista Digital Universitaria, Vol. 23, Núm. 2, https://www.revista.unam.mx/wp-content/uploads/v23_n2_a9.pdf

INTRODUCCIÓN

La ecología estudia las relaciones entre los organismos y su entorno, que está compuesto por el componente abiótico (físico-químico), que incluye el sustrato, el agua, el aire, sales minerales, el suelo y el clima, y el componente biótico (organismos), que incluye todas las formas de vida que forman parte del entorno. Los factores bióticos y abióticos, así como todas las interacciones que se producen, conforman los **ecosistemas**.

Dentro de un ecosistema, las distintas **poblaciones** de plantas, insectos invertebrados, bacterias y hongos, etc. conforman la comunidad que constantemente está interactuando con los componentes abióticos y con los demás organismos, es decir, con los componentes bióticos del ecosistema. Estas interacciones permiten a los organismos adaptarse a un determinado **hábitat** y regular el tamaño de las poblaciones.

El propósito de esto es poder dar respuesta a los mecanismos de las interacciones, las **adaptaciones** y las formas de organización de las comunidades en los ecosistemas, y de esta forma contar con datos que ayuden a explicar cómo las alteraciones de los componentes abióticos y bióticos pueden afectar a la estructura y los procesos que tienen lugar en los ecosistemas.

Actividad 1

1. Formar equipos de 3-4 integrantes
2. Crear un muro colaborativo con Padlet, Google Jamboard o Bubble.us
3. De forma individual realizar la lectura de Redes de interacciones para el estudio de la biodiversidad y hagan notas de la lectura
4. Compartan con el grupo las notas a través del muro colaborativo del grupo
5. Cada equipo escribirá sus comentarios en el muro colaborativo y los comentará en una sesión grupal con el profesor
6. Contesten de forma individual las siguientes preguntas y compartan las respuestas con tu equipo a través del muro colaborativo. No olvides titular la sección con tu nombre.
 - A. ¿Qué es una red de interacciones entre especies?
 - B. ¿Para qué sirve la red de interacciones entre especies?
 - C. Explica brevemente los pasos que se deben seguir para construir una red de interacciones entre especies



1. En equipo leer la sección "Construyendo redes de interacción" del texto en PDF Redes de interacciones para el estudio de la biodiversidad
2. Analicen la siguiente información y las imágenes de la Figura 1A y la Figura 1B (página 4) de la lectura Redes de interacciones para el estudio de la biodiversidad
3. ¿Qué información podemos obtener de la Figura 1A y qué información de la Figura 1B?
4. En equipo seleccionen una imagen de la Figura 1 (página 4) de la lectura y contesten las siguientes preguntas:
 - 2.a ¿Corresponde la matriz de interacciones entre plantas y hongos de la Figura 1.A con la Red de interacción entre plantas y hongos de la Figura 1.B? Si No
 - 1.b. ¿Por qué? Justifica tu respuesta
5. Compartan con el grupo las respuestas a través del muro colaborativo del grupo
6. Elaboren una red de interacción para la siguiente matriz de interacciones entre plantas y hongos, y compartan su red en el muro colaborativo del grupo

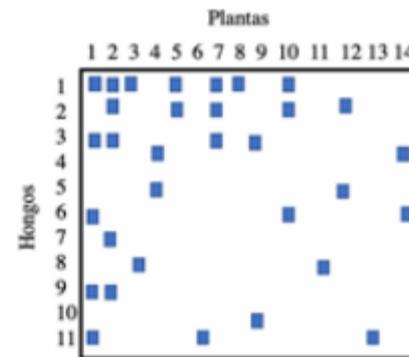
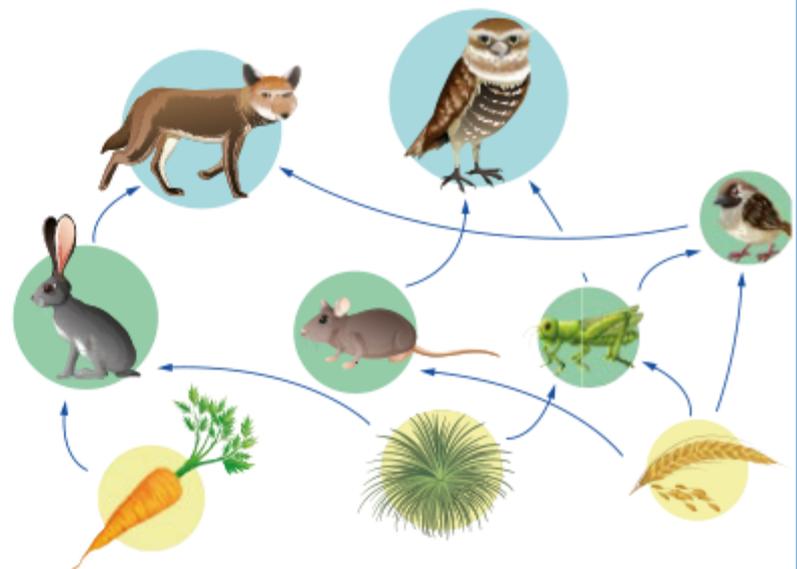


Figura 1A. Matriz de interacciones entre plantas y hongos
Erik del Van Gortari
Tomado de Redes de interacciones para el estudio de la biodiversidad

Nota:

El cuadrado azul representa que se observó una interacción



Actividad 3

1. De forma individual analiza la información que brinda la figura 1B, que muestra la Red de interacciones entre herbívoros (orugas) y plantas.

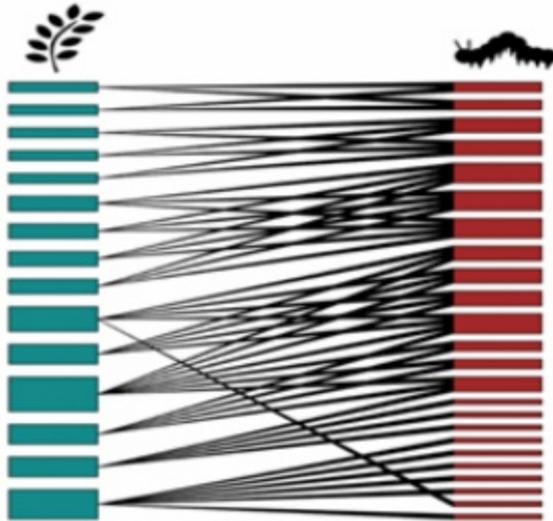


Figura 1B. Red modular donde se muestran las interacciones entre herbívoros (orugas) y plantas.
Erik del Van Gortari
Tomado de Redes de interacciones para el estudio de la biodiversidad

2. De forma individual contesta las siguientes preguntas:
 - a) ¿Cuántas especies de plantas se consideraron?
 - b) ¿Cuántas especies de orugas se consideraron?
 - c) ¿Cuántas especies de orugas se podrían considerar generalistas, es decir que se alimentan de muchas especies de plantas?
 - d) ¿Qué nombre reciben las especies que solamente visitan una o dos especies de plantas?
3. Compartan con el grupo las respuestas a través del muro colaborativo que hayan elegido
4. Analicen en una sesión grupal sus respuestas conjuntamente con el profesor. No olviden incluir la imagen analizada.

REVISIÓN DEL TEMA

El profesor abrirá una sesión de discusión, donde los integrantes de cada equipo comentarán cada una de las notas para las diversas secciones mencionadas en la lectura (Actividad 1), así como el análisis y las respuestas a las Actividades 2 y 3.

EVALUACIÓN

Se considerará el tipo de información presentada, la síntesis, el análisis y la representación de los paneles (Padlet, Jamboard, Canva o Bubbl.us)

PROPUESTA DE RÚBRICA DE EVALUACIÓN

Criterios	Excelente	Bien	Regular	Deficiente
Actividad 1 (Incorporación de notas en los muros colaborativos de Padlet, Jamboard, Canva, Bubble.us u otra aplicación)	El equipo compartió notas en los muros colaborativos de otros equipos, en las que aporta ideas correctas sobre las siguientes 4 secciones: 1. La biodiversidad y las redes. 2. Construyendo redes de interacción. 3. Aplicaciones. 4. Nuevas avenidas de investigación.	El equipo compartió notas en los muros colaborativos de otros equipos, en las que aporta ideas correctas sobre 3 de las siguientes secciones: 1. La biodiversidad y las redes. 2. Construyendo redes de interacción. 3. Aplicaciones. 4. Nuevas avenidas de investigación.	El equipo compartió notas en los muros colaborativos de otros equipos, en las que aporta ideas correctas sobre 3 de las siguientes secciones: 1. La biodiversidad y las redes. 2. Construyendo redes de interacción. 3. Aplicaciones. 4. Nuevas avenidas de investigación.	El equipo compartió alguna nota en el muro colaborativo de algún equipo, en la que aporta ideas correctas sobre una de las siguientes secciones: 1. La biodiversidad y las redes. 2. Construyendo redes de interacción. 3. Aplicaciones. 4. Nuevas avenidas de investigación.
Actividad 1 (Cuestionario)	Los estudiantes respondieron correctamente las 3 preguntas del cuestionario.	Los estudiantes respondieron correctamente 2 preguntas del cuestionario.	Los estudiantes respondieron correctamente una pregunta del cuestionario.	Los estudiantes no respondieron correctamente ninguna pregunta del cuestionario.

PROPUESTA DE RÚBRICA DE EVALUACIÓN

Criterios	Excelente	Bien	Regular	Deficiente
Actividad 2 (Cuestionario)	Los estudiantes respondieron correctamente todas las preguntas del cuestionario; además las compartieron en su muro colaborativo y las comentaron en sesión grupal.	Los estudiantes respondieron correctamente 5-6 preguntas del cuestionario; las compartieron en su muro colaborativo y las comentaron en sesión grupal.	Los estudiantes respondieron correctamente 3-4 preguntas del cuestionario; las compartieron en su muro colaborativo y las comentaron en sesión grupal.	Los estudiantes respondieron correctamente dos o menos preguntas del cuestionario, y/o no las compartieron en su muro colaborativo y/o no las comentaron en sesión grupal.
TOTAL				

GLOSARIO

Combustibles fósiles

Las plantas y otros organismos en descomposición, enterrados bajo capas de sedimentos y rocas, han tardado milenios en convertirse en los depósitos ricos en carbono que ahora llamamos combustibles fósiles. Estos combustibles no renovables, que incluyen el carbón, el petróleo y el gas natural, suministran alrededor del 80 % de la energía mundial. Proporcionan electricidad, calor y transporte, al tiempo que alimentan los procesos de fabricación de una enorme variedad de productos, desde el acero hasta los plásticos.

Cuando los combustibles fósiles se queman, liberan dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero que, a su vez, atrapan el calor en nuestra atmósfera, lo que los convierte en los principales responsables del calentamiento global y del cambio climático.

<https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/explicacion-que-son-combustibles-fosiles>

Abiótico

Los factores abióticos son la estructura sobre la cual se alzan los ecosistemas. Hay factores abióticos físicos y factores abióticos químicos y no poseen vida, pero caracterizan el territorio y modelan las comunidades presentes, siendo su combinación más o menos favorable para la supervivencia de determinadas especies. A su vez, son perturbados y modificados por los seres vivos. Los factores abióticos, los bióticos y las relaciones que existen entre ellos constituyen los ecosistemas.

<https://www.ecologiaverde.com/factores-abioticos-que-son-caracteristicas-y-ejemplos-3090.html>

Adaptación

Dentro de la teoría evolutiva, la adaptación evolutiva se define como un mecanismo biológico a través del cual los organismos se ajustan a cambios en su entorno mediante modificaciones morfológicas, fisiológicas, conductuales y moleculares, que les hacen más aptos para su existencia. De hecho, la palabra así lo indica, ya que el término "adaptación" proviene

del latín *adaptō* que significa "me ajusto a".

<https://www.ecologiaverde.com/adaptacion-biologica-que-es-tipos-y-ejemplos-2893.html>

Biótico

Los factores bióticos hacen referencia al conjunto de seres vivos y a las relaciones que guardan entre ellos. Comúnmente hablaríamos de fauna y flora, aunque también pertenecen a esta categoría los microorganismos.

<https://www.ecologiaverde.com/factores-bioticos-que-son-caracteristicas-clasificacion-y-ejemplos-3084.html>

Ecología

La ciencia que estudia los sistemas a un nivel en el cual, los organismos completos (o individuos) pueden considerarse elementos de interacción, tanto entre ellos como con la matriz ambiental.

<https://www.ecologiaverde.com/que-es-la-ecologia-de-poblaciones-o-demoecologia-2522.html>

Ecosistema

De eco y sistema.

Comunidad de los seres vivos cuyos procesos vitales se relacionan entre sí y se desarrollan en función de los factores físicos de un mismo ambiente.

Voz ecosistema. Diccionario de la Real Academia - Vigésima tercera edición, publicada en octubre de 2014, actualización 2021.

Hábitat

Del lat. *habītat*, 3a pers. de sing. del pres. de indic. de *habitāre* 'habitar'.

Lugar de condiciones apropiadas para que viva un organismo, especie o comunidad animal o vegetal.

Voz hábitat. Diccionario de la Real Academia - Vigésima tercera edición, publicada en octubre de 2014, actualización 2021.

Poblaciones

Cuando hablamos de población en ecología nos referimos a todos aquellos individuos que pertenecen a una misma especie y que ocupan una determinada región geográfica en un mismo periodo de tiempo. Los individuos que son parte de una población ecológicamente son iguales: el ciclo de vida que presentan es igual, todos sus procesos y la forma en la que interactúan con el ambiente y, además, entre ellos hay intercambio de información genética.

<https://www.ecologiaverde.com/que-es-la-ecologia-de-poblaciones-o-demoecologia-2522.html>

Vertebrados

Los animales vertebrados son aquellos que cuentan con huesos. Cuentan con una espina dorsal o columna vertebral, tienen simetría bilateral, su cuerpo tiene 3 zonas: cabeza, tronco y extremidades, cuentan con un sistema nervioso complejo, en su mayoría suelen llevar a cabo la reproducción sexual, son animales con el sexo diferenciado, poseen distintas extremidades, la mayoría de ellos cuentan con una mandíbula y tienen diferentes pieles.

<https://www.ecologiaverde.com/animales-vertebrados-clasificacion-caracteristicas-y-ejemplos-2811.html>

PARA SABER MÁS

Las interacciones ecológicas y su importancia para el hombre <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/2017-06-26-16-35-48/17-ciencia-hoy/689>

Relaciones entre organismos (2020) Paula García González

<https://www.restauraciondeecosistemas.com/que-tipos-de-interaccion-entre-dos-especies-existen/>



SECCIÓN DE MATERIALES DIDÁCTICOS

Redes de interacciones para el estudio de la biodiversidad

Interaction networks to study biodiversity

Ek del Val de Gortari

Resumen

La biodiversidad puede medirse de muchas formas, en este artículo se aborda la idea novedosa de utilizar las redes de interacción entre especies como un método para evaluarla. Las redes de interacción son una herramienta analítica que describe cómo se relacionan las especies en un ecosistema. Las redes de interacción nos permiten ir más allá de conocer a los participantes —las especies— de una puesta en escena —el ecosistema—. A través de ellas podemos saber el rol que está jugando cada participante y cómo se relacionan entre sí para que la puesta en escena pueda desarrollarse bien. Nos dan una fotografía de cómo se asocian las comunidades de especies en un lugar y tiempo determinado, y permiten evaluar el funcionamiento de un ecosistema. Con su estudio podemos identificar cuáles son las especies más importantes de un ecosistema, y esta información puede usarse para llevar a cabo acciones de restauración ambiental enfocándose en las especies centrales.

Palabras clave: interacciones bióticas, mutualismo, antagonismo, funcionamiento del ecosistema.

CÓMO CITAR ESTE TEXTO

del Val de Gortari, Ek. (2022, marzo-abril). Redes de interacciones para el estudio de la biodiversidad. *Revista Digital Universitaria (RDU)*, 23(2). <http://doi.org/10.22201/cuaieed.16076079e.2022.23.2.9>

Abstract

Biodiversity can be measured in many ways; this article addresses the novel idea of using interaction networks between species as an assessment method. Interaction networks are an analytical tool that describes how species in an ecosystem are related. Interaction networks allow us to go beyond knowing the participants —the species— of a staging —the ecosystem—. Through them we can know the role that each participant is playing and how they relate to each other, so that the staging can develop well. They give us a picture of how communities of species are associated in a given place and time, and allow us to evaluate the functioning of an ecosystem. With their study we can identify which are the most important species in an ecosystem, and this information can be used to carry out environmental restoration actions focusing on the central species.

Keywords: biotic interactions, mutualism, antagonism, ecosystem functioning.



Ek del Val de Gortari

Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad, UNAM

Es bióloga egresada de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y doctora en ecología por el Imperial College, Reino Unido. Desde 2005 trabaja como investigadora en el Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad de la UNAM, y es miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel II. Sus líneas de investigación son interacciones bióticas en hábitats alterados, agroecología, restauración ecológica y ecología de especies invasoras; está muy interesada en la divulgación de la ciencia.

 ekdelval@cieco.unam.mx

 orcid.org/0000-0003-3862-1024

 Interacciones bióticas en hábitats alterados

La biodiversidad y las redes

Los seres humanos hemos estado interesados en la vida que nos rodea desde el inicio de los tiempos. Las investigaciones para conocer y entender la biodiversidad datan de los griegos, con Aristóteles, e históricamente se han enfocado en contabilizar el número de especies que existen en un lugar. Esta aproximación nos ha permitido entender quiénes son las especies habitantes de un sitio en particular, si son muchas o pocas, cuáles son los lugares más biodiversos de la Tierra y qué tan diferentes son entre sí dos ecosistemas.

Hoy se sabe que la mayor diversidad de especies se alberga en los ecosistemas cercanos a los trópicos, pero también que existen algunos grupos que tienen otros patrones de diversidad, como las abejas que presentan un mayor número de especies en las zonas mediterráneas. Sin embargo, todavía existen lugares poco explorados en los que no se conoce en su totalidad la diversidad local, éstos pudieran ser una excepción a la regla, aunque parece que los patrones generales de distribución a nivel planetario sí los conocemos.

No obstante, el conocer la diversidad no es equivalente a entender el funcionamiento del ecosistema, es decir, qué hace cada especie y cómo se asocian entre sí para mantener el ecosistema funcionando. Entender el funcionamiento de los ecosistemas se ha vuelto una pregunta relevante dado el panorama actual de su modificación y destrucción a nivel global. Muchos nos preguntamos cómo podemos restaurar o

reestablecer los ecosistemas que han sido transformados: ¿necesitamos reintroducir todas las especies que han desaparecido para que el ecosistema siga funcionando?, ¿en qué medida los bosques y selvas fragmentados y perturbados son capaces de mantener un buen funcionamiento ecosistémico?

Para contestar dichas preguntas, se puede estudiar cómo las especies que conviven en un lugar se asocian o interactúan entre sí. Esta aproximación utiliza las llamadas *redes de interacción entre especies*, una metodología que ha ganado popularidad en los últimos 30 años. Las redes de interacción tratan de entender cómo se conforman las comunidades de especies para poder coexistir en el tiempo y el espacio. Pese a que su aplicación en la ecología es reciente, sus fundamentos surgieron mucho antes en el ámbito de las matemáticas y de las ciencias sociales, con la teoría de sistemas¹. Dado que para el análisis de redes se requiere una capacidad de cálculo importante, no fue hasta que las computadoras personales se volvieron comunes que las redes de interacción comenzaron a ser una aproximación analítica utilizada en diferentes campos de conocimiento (Ings y Hawes 2019).

Construyendo redes de interacción

¿Pero cómo se construye una red de interacción? Bueno, vamos por partes. En primer lugar, hay que identificar qué tipo de interacción es la que estamos interesados en investigar. Las interacciones entre especies son múltiples y van desde antagonistas, como

¹ La teoría de sistemas busca comprender las reglas que subyacen a cualquier sistema, ya sea natural como una comunidad humana o artificial como una red de computadoras. Es importante mencionar que un sistema consta de módulos que están interrelacionados y que interactúan entre sí.

la depredación o la competencia; pasando por el *comensalismo*, que implica que algunas especies son beneficiadas por la presencia de las otras; hasta llegar al *mutualismo*, donde ambos grupos de especies interactuantes se benefician entre sí. Con este contexto en mente, podemos estudiar, por ejemplo, una red de interacciones mutualistas entre plantas y hongos micorrízicos (hongos que viven asociados con las raíces de las plantas), una red de interacciones entre carnívoros y sus presas, o una red comensalista entre plantas nodrizas (que protegen a otras) y plantas que son facilitadas por la presencia de éstas. ¿A ti qué otra se te ocurre?

El segundo paso es hacer un muestreo sistemático para establecer qué especie se relaciona con cuál otra y qué tan frecuente es esta asociación. Es importante realizar el muestreo varias veces, para poder captar el mayor número de interacciones posibles, considerando que éstas pueden cambiar a lo largo de las estaciones o con la variación interanual climática. En este punto siempre nos enfrentamos a un problema: establecer cuándo hemos identificado todas las interacciones posibles de una red. Por suerte, existen

técnicas que nos permiten determinar el momento en el que tenemos un muestreo suficiente, para ello, se emplean curvas de acumulación de interacciones, que cuantifican cuántas interacciones nuevas encontramos cada vez que muestreamos, e identifican el punto en el que ya no encontramos nuevas, es decir, cuando tenemos la mayor parte de las interacciones de una comunidad.

Al fin, cuando contamos con la información suficiente, podemos pasar al siguiente paso, donde se construye la matriz de interacciones (ver figura 1A). Aquí cada especie se representa como un nodo y la interacción o vínculo se puede graficar con una línea, para observar fácilmente cuál es el patrón de la red de interacciones que encontramos en un sitio en particular (ver figura 1B). Además de la visualización, se pueden calcular diferentes parámetros de la red de interés, por ejemplo, su estabilidad, especialización o susceptibilidad a la extinción, así como reconocer las especies que son centrales o secundarias a la red.

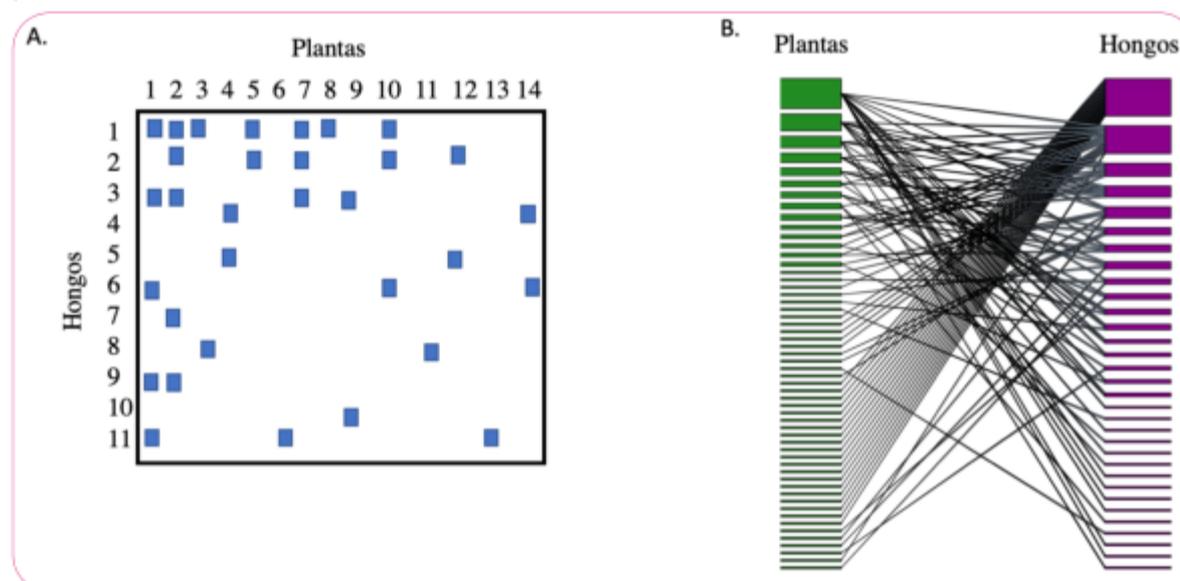


Figura 1. A) Matriz de interacciones entre plantas y hongos. El cuadrado azul representa que se observó una interacción. **B)** Red de interacción entre plantas y hongos, cada cuadrado representa una especie, en verde las plantas y en morado los hongos.

Pasemos ahora a un ejemplo: podemos pensar en una red de interacciones de polinización entre plantas con flores e insectos nectarívoros (que se alimentan de néctar) o polinívoros (que comen polen). Desde las primeras observaciones naturalistas, se sabe que no todos los animales visitan todas las plantas con flores presentes en un lugar, ni todas las plantas son visitadas por los mismos animales, o sea, existe cierta especialización. Además, hay algunas plantas que se asocian con muchos animales, mientras que otras con pocas. Si seguimos los pasos que comentamos anteriormente, primero vemos que este tipo de redes son consideradas como mutualistas, puesto que ambos grupos de participantes se benefician de la asociación: en este caso las plantas se logran reproducir gracias al transporte de polen de los animales que visitan, mientras que los visitantes se alimentan ya sea del néctar o polen de las flores. Ahora podríamos ir a muestrear a las abejas, abejorros y flores, cosa que los ecólogos han hecho miles y miles de veces. En este caso, la mayoría de las redes de interacción de polinización que se han estudiado tienen una estructura anidada, donde hay *insectos generalistas* que visitan muchas especies de planta (como algunas mariposas) o *insectos especialistas* que solamente visitan una o dos especies, y hay plantas que son visitadas por muchas, y otras por pocas especies de insectos (ver figura 2A).

Te voy a contar otros ejemplos. Un caso interesante son las redes de interacciones antagonistas, como una de herbívoros que se alimentan de plantas. Se ha visto que éstas tienen una estructura modular: pocas

especies de herbívoros se alimentan de pocas especies de plantas, y existen algunos herbívoros generalistas. Esto se debe a que, dado que las plantas son afectadas negativamente por la interacción, a través del tiempo se han seleccionado diferentes métodos de defensa, que impiden que un gran número de herbívoros pueda alimentarse de ellas, por lo que existe una mayor especialización de comedores y sólo algunos linajes de herbívoros pueden alimentarse de ciertas plantas (ver figura 2B).

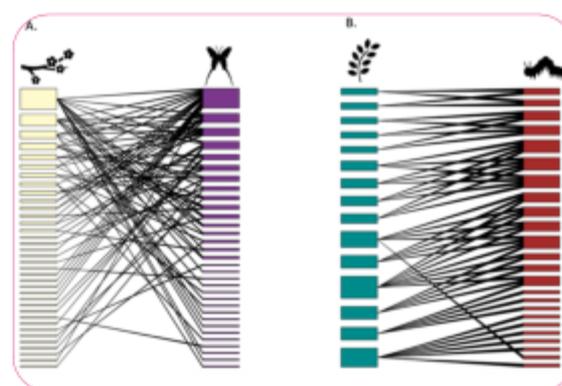


Figura 2. Ejemplos de redes de interacción. **A)** Red anidada donde se muestran las interacciones entre polinizadores (mariposas) y plantas con flores. **B)** Red modular donde se muestran las interacciones entre herbívoros (orugas) y plantas. Los íconos pertenecen a thenounproject.com bajo la autoría de oruga (Kaitlin Chassagne), planta (Ecem AfacanTR) y mariposa (Oliver Kittler SK) y la planta con flores a Flaticon.com.

Aplicaciones

Tal vez el punto más importante del estudio de la biodiversidad a través de las redes de interacción es que nos permite identificar a las especies clave para el funcionamiento del ecosistema. Por ejemplo, aquellas que tienen un mayor número de interacciones pueden ser consideradas como especies núcleo o centrales. Esta información resulta muy útil cuando queremos restaurar un ecosistema que ha sido degradado, ya que las

especies centrales pueden ser reintroducidas a los sitios deteriorados y, con ello, se puede propiciar el que lleguen las especies asociadas.

Así, como estábamos interesadas en el punto anterior con mi grupo de trabajo, pusimos a prueba esta metodología en el bosque tropical caducifolio de la costa de Jalisco. Por varios años estudiamos las redes de interacción entre plantas y orugas, de tal manera que detectamos qué especies de planta se asociaban con un mayor número especies de orugas. Estas especies de planta se seleccionaron para ser sembradas en una restauración de parcelas que habían sido deforestadas para la producción ganadera y posteriormente abandonadas. Después de dos años de siembra, evaluamos qué orugas estaban colonizando las plantas sembradas. Tuvimos una grata sorpresa porque, efectivamente, las plantas que habíamos identificado como especies clave, por la diversidad de orugas que albergaban, fueron las que en el sitio restaurado también tuvieron una mayor diversidad asociada. En otras palabras, logramos replicar la red de interacción y así fomentar la restauración del sitio.

Además, el conocer las redes de interacción de un ecosistema permite evaluar cómo es afectada la biodiversidad con los disturbios naturales o con las perturbaciones

antropogénicas. Al comparar las redes de interacción de un sitio perturbado con el ecosistema de referencia, se puede evaluar en qué medida la perturbación afectó las asociaciones entre las especies y si los atributos de la red de interacción se modificaron. Esto nos permitiría ayudar a la pronta recuperación del sitio, al fomentar la proliferación de las especies que sabemos son claves en el ecosistema.

Nuevas avenidas de investigación

Una de las innovaciones más emocionantes en el campo es la identificación de especies por técnicas moleculares, al utilizar métodos como el código de barras (ver figura 3). Con él, las redes de interacción serán más sencillas de estudiar, sin necesidad de realizar muchas observaciones en campo y por mucho tiempo. Por ejemplo, se puede saber qué hongos están asociados con las raíces de las plantas al secuenciar una muestra de suelo asociada a las raíces, o cuál es el alimento de los escarabajos bupréstidos (escarabajos que se alimentan del interior de los árboles en su etapa larvaria) al secuenciar su contenido estomacal. De esta manera, si se realiza una buena colecta de raíces o de escarabajos en un lugar determinado

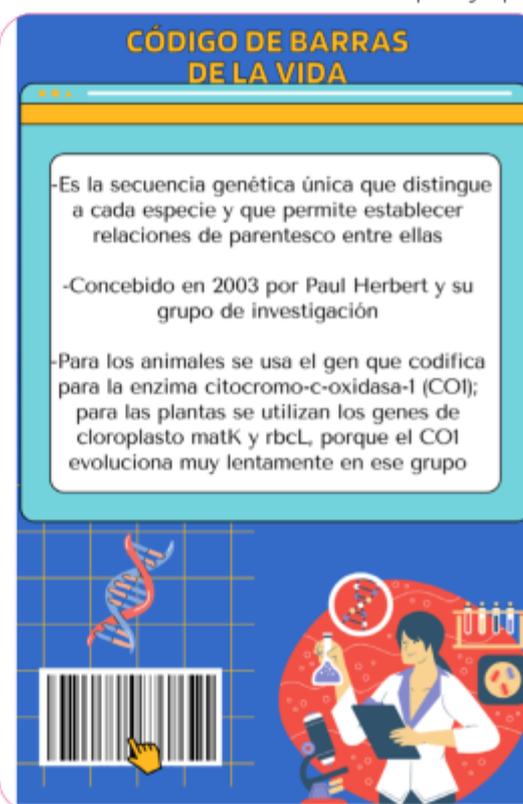


Figura 3. Código de barras de la vida.

podríamos conocer la red de interacciones que establecen con los hongos y las plantas, sin necesariamente observar la interacción. Incluso, hay quien sugiere que podemos evaluar todo un ecosistema muestreando el ADN que se encuentra flotando en el aire.

Otro camino en la investigación moderna es el estudio de redes de redes. Es decir, no solamente redes bipartitas de quien se asocia con quién, sino redes mas grandes que evalúan cómo esas especies se asocian con otro nivel trófico, por ejemplo, plantas con herbívoros y con depredadores. (ver figura 4). Esta aproximación permite una visión más detallada del funcionamiento de un lugar, pero evidentemente también es mucho más difícil de desarrollar. Se necesitan realizar un trabajo multidisciplinario para que los expertos en diferentes grupos puedan aportar las identificaciones de las especies interactuantes, así como muchos años de estudio para poder recabar toda la información.

Como puedes ver estas nuevas aproximaciones al estudio de la diversidad nos permiten ir más allá de conocer a los participantes (las especies) de una puesta en escena (el ecosistema). A través de las redes podemos saber el rol que está jugando cada participante y cómo se relacionan entre sí para que la puesta en escena pueda desarrollarse bien. Espero que con esta probadita te animes a conocer más sobre el tema o incluso que utilices a las redes de interacción como parte de tu investigación.

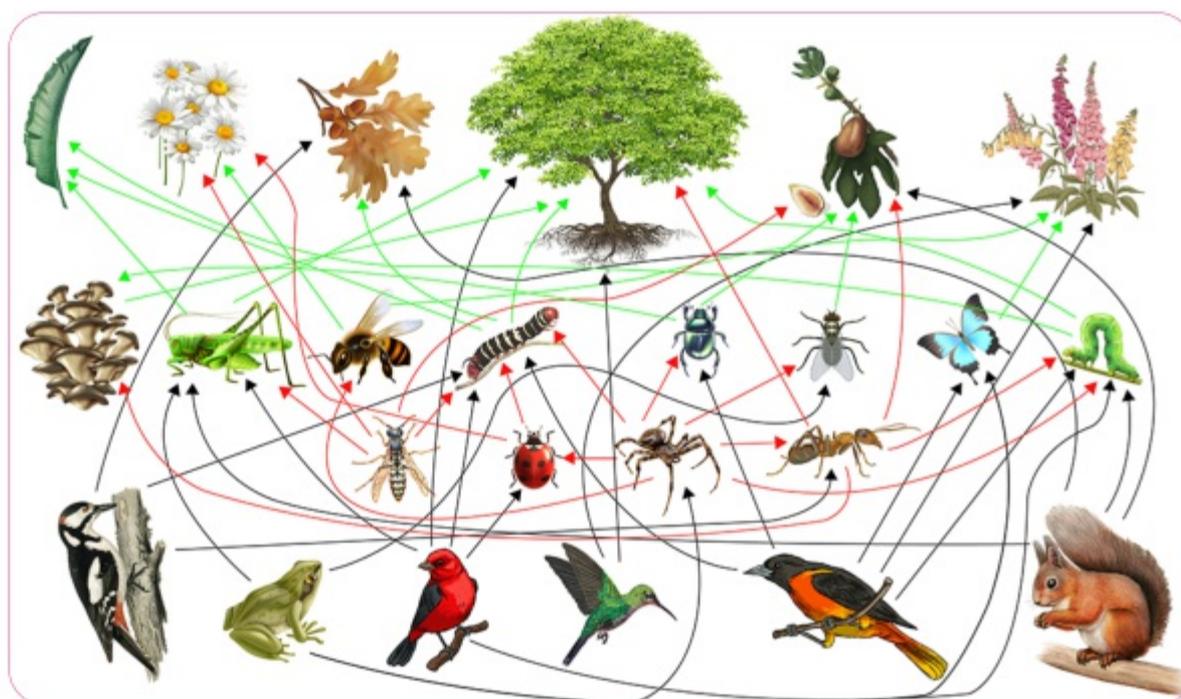


Figura 4. Red de interacciones múltiples. Imagen elaborada por J. Manuel Lobato-García.

Referencias

- ❖ Dáttilo, W., Guimareaes, P. R., y Izzo, T. J. (2013). Spatial structure of ant-plant mutualistic Networks. *Oikos*, 122, 1643-1648
- ❖ Hebert, P. D., Cywinska, A., Ball, S. L., y deWaard, J. R. (2003). Biological identifications through DNA barcodes. *Proceedings Biological sciences*, 270(1512), 313-321. <https://doi.org/10.1098/rspb.2002.2218>
- ❖ Ings, T. C., y J. E., Hawes. (2018). The History of Ecological Networks. En W. Dáttilo y V. Rico-Gray, *Ecological Networks in the Tropics* (pp. 15-28). Springer Verlag. https://doi.org/10.1007/978-3-319-68228-0_8
- ❖ Jordano, P., Vázquez, D., y Bascompte, J. (2009). Redes complejas de interacciones mutualistas planta-animal. En R. Medel, M. A. Aizen, y R. Zamora, *Ecología y evolución de interacciones planta-animal* (pp. 17-41). Editorial Universitaria.

Los ciclos biogeoquímicos: CICLO DEL AGUA

RECOMENDADO PARA:

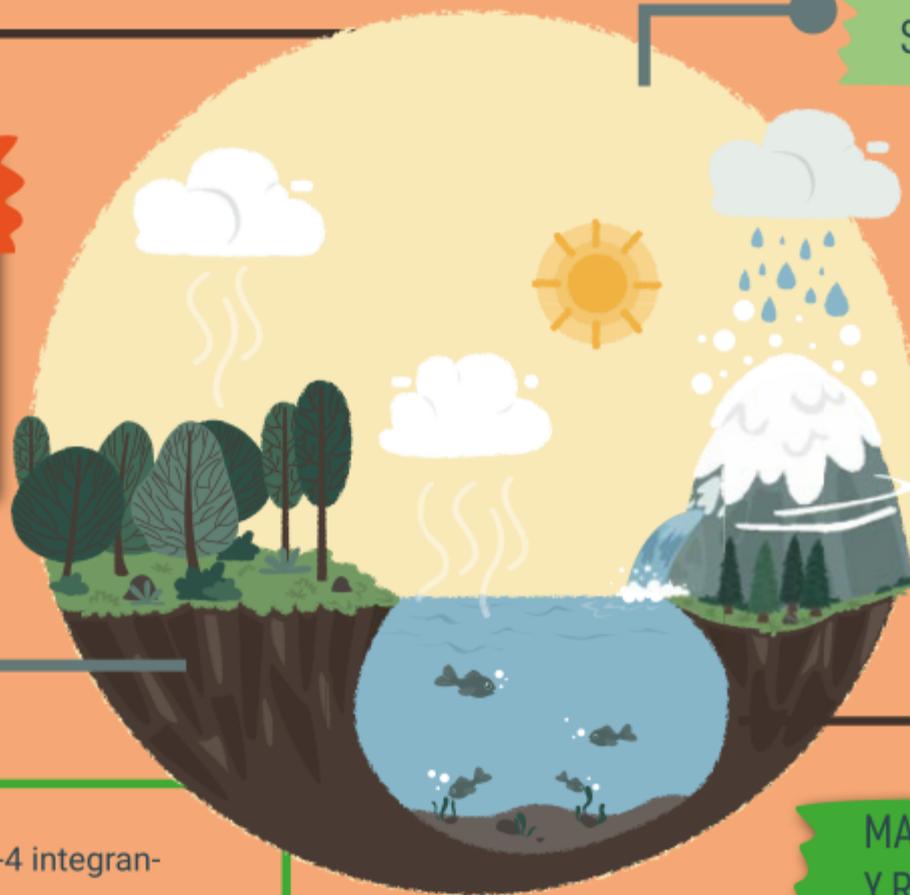
PROGRAMA ENP: : BIOLOGÍA IV
PROGRAMA CCH: BIOLOGÍA II

SIMBOLOGÍA



OBJETIVO DE APRENDIZAJE:

Conocer la diversidad microbiana para interpretar el estudio de la diversidad microbiana a través de los avances tecnológicos.



INSTRUCCIONES

1. Formar equipos de 3-4 integrantes.
2. Por equipo obtener una cuenta en la aplicación Padlet o Google Jamboard.
3. Dentro de la aplicación que hayan elegido deberán crear una sección titulada "Reciclando elementos", donde escribirán la información que obtengan a través de las diversas actividades que vayan a realizar en esta sección.
4. Descarga Adobe Acrobat – PDF y e-signature tools, que permite subrayar y hacer anotaciones en documentos PDF. Puedes descargarlo en: <http://pdf-xchange-viewer.softonic.com/descargar> Busca en la sección de Materiales y Recursos TIC lo que requieres para realizar estas actividades.

MATERIALES Y RECURSOS TIC

Para realizar esta actividad necesitas:

Recursos web: Padlet, Google Jamboard.

Aplicaciones: Adobe Acrobat - PDF.

PDF de lectura Acuíferos, nuestra valiosa fuente de agua. Isabel Pérez (2020)

Ciencia UNAM-DGDC

[https://ciencia.unam.mx/leer/988/acuiferos-una-valiosa-fuente-de-agua-](https://ciencia.unam.mx/leer/988/acuiferos-una-valiosa-fuente-de-agua)

PDF de la Imagen Acuíferos, tomada de <https://ciencia.unam.mx/leer/988/acuiferos-una-valiosa-fuente-de-agua->

INTRODUCCIÓN

Los nutrientes o elementos químicos como por ejemplo carbono, oxígeno, nitrógeno, hidrógeno, potasio, calcio, fósforo, azufre son esenciales para los seres vivos ya que forman parte de su estructura y permiten el funcionamiento de su cuerpo.

Algunos de estos elementos llegan a acumularse en sus cuerpos mientras están vivos y regresan al medio ambiente (agua, atmósfera y suelo) cuando mueren. Estos elementos están disponibles para los seres vivos gracias a que estos elementos se pueden mover desde los componentes abióticos, pasando por los seres vivos, hasta los componentes abióticos a través de ciclos que conocemos con el nombre de ciclos de nutrientes o ciclos biogeoquímicos.

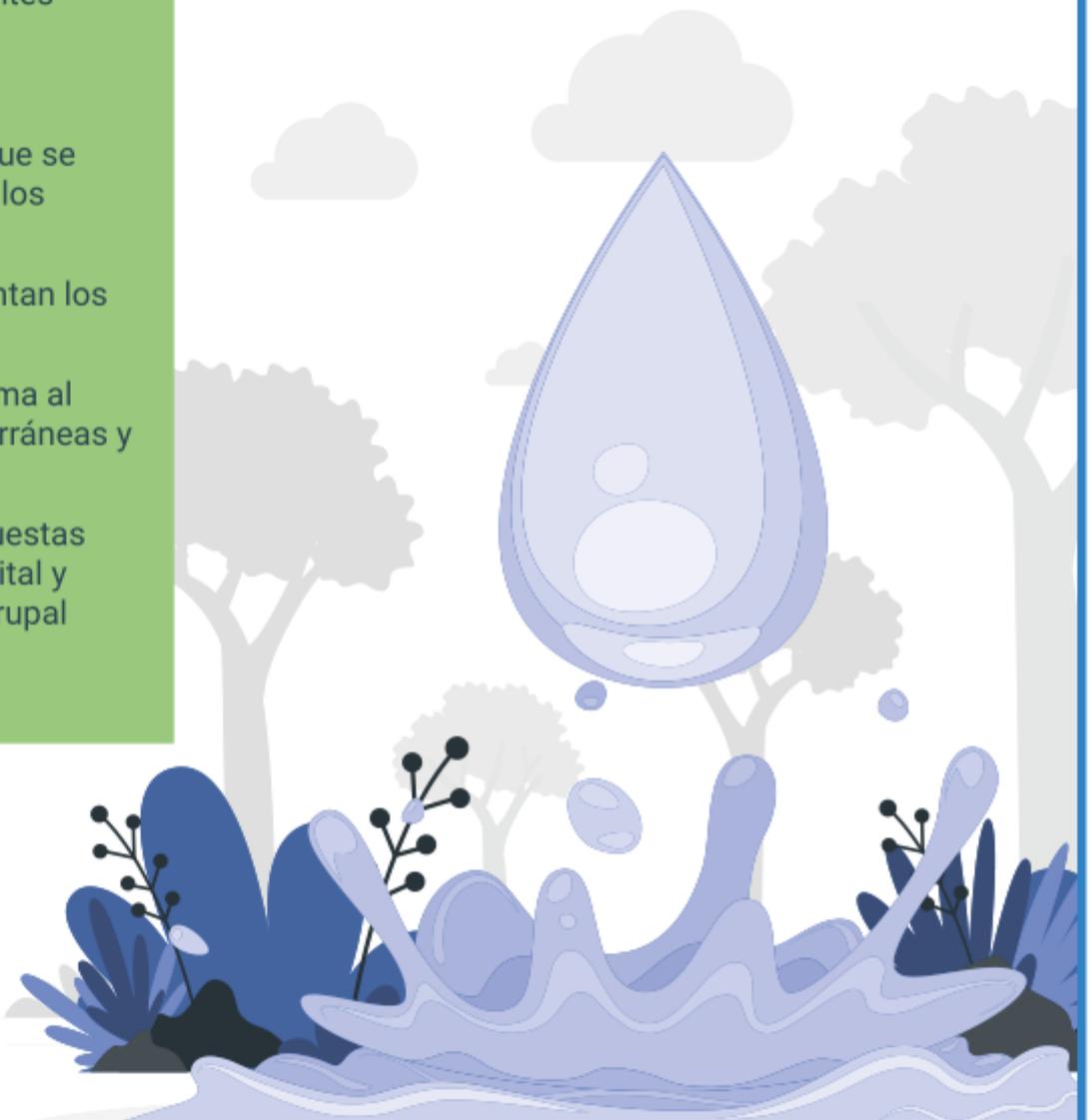
El término biogeoquímico está formado por la unión de dos palabras de origen griego: bio que significa vida y geo que significa tierra. Por ello, los ciclos biogeoquímicos describen las trayectorias de los elementos químicos que forman parte de la vida, entre los componentes bióticos y abióticos de los ecosistemas.

Los ciclos biogeoquímicos son extremadamente complejos, pero se pueden simplificar si tomamos en cuenta las etapas más importantes que los componen: la localización o reservorio del elemento en cuestión, la forma en que ingresan a los organismos vivos – generalmente a los productores primarios, seguido de su continuidad por la cadena trófica, y finalmente la reintegración del elemento en el reservorio gracias a los organismos descomponedores.

A lo largo de un par de siglos nos hemos percatado que los ciclos biogeoquímicos pueden verse afectados por las actividades humanas también conocidas como actividades antropogénicas (particularmente por el uso de combustibles fósiles, la industrialización y los cultivos) que han alterado las concentraciones y por ende el equilibrio de los ciclos teniendo serias consecuencias ecológicas como es el caso del calentamiento global por el efecto del aumento de las concentraciones de gases de efecto invernadero tanto en la atmósfera como en los diferentes cuerpos de agua del planeta.

Actividad 1

1. El profesor deberá formar equipos de trabajo de máximo 4 integrantes y elegir el tipo de muro colaborativo con el que trabajarán todos los equipos
2. Por equipo crear un muro digital con Padlet, Jamboard, Canva, Bubble.us u otra aplicación con el título "Acuíferos y ciclo del agua"
3. Cada equipo consultará la lectura en PDF Acuíferos, nuestra valiosa fuente de agua
4. En equipo, analicen el texto y colaborativamente elaboren en su muro colaborativo notas de la lectura.
5. Publiquen en el muro del equipo y compartan con el grupo
6. Con ayuda de las notas y la lectura contesten en equipo las siguientes preguntas
 - a. ¿Qué son los acuíferos?
 - b. ¿Qué porcentaje del agua que se utiliza en las ciudades proviene de los acuíferos?
 - c. ¿A qué problemas se enfrentan los acuíferos?
 - d. ¿Cuál es el principal problema al estudiar y analizar las aguas subterráneas y superficiales?
7. Cada equipo escribirá las respuestas a cada pregunta en el muro digital y los comentará en una sesión grupal conjuntamente con el profesor



1. De forma individual elabora un glosario que te permita conocer las principales etapas y procesos que están implicados en el ciclo del agua para poderlos incorporar posteriormente en la imagen Ciclo del Agua, que encontrarás en la sección de Materiales y Recursos TIC.
2. Estas son algunas palabras que deberá llevar el glosario: Condensación, Evaporación, Evapotranspiración, Precipitación, Filtración, Infiltración, Escorrentía, Fusión.
3. Por equipo crear un muro digital colaborativo utilizando Padlet, Jamboard, Canva, Bubble.us u otra aplicación) con el título " El ciclo del agua"
4. Cada equipo descarga el PDF de Imagen Acuíferos
5. En equipo, observen, analicen y comenten sobre la imagen para poder complementar la información y así ayudar a explicar el ciclo completo del agua
6. En equipo y colaborativamente, elaboren notas para comentar que le falta a la imagen para poder explicar el ciclo del agua de forma más detallada
7. Cada equipo subirá la nueva imagen complementada a su muro colaborativo, revisará las imágenes de los otros equipos y comentarán sobre ellas en una sesión grupal conjuntamente con el profesor

Nota:

no se olviden poner el Sol y explicar qué papel juega dentro del ciclo del agua. Les sugerimos visitar los siguientes portales que tratan el tema del ciclo del agua para ayudarlos a complementar la imagen.

<https://agua.org.mx/que-es/>
https://es.wikipedia.org/wiki/Ciclo_hidrol%C3%B3gico <https://www.oromapas.gob.mx/cultura-del-agua/ciclo-hidrologico/#:~:text=El%20ciclo%20hidrol%C3%B3gico%20comienza%20con,propio%20peso%3A%20es%20la%20precipitaci%C3%B3n.>
<https://www.youtube.com/watch?v=YzytljLqgSs>

REVISIÓN DEL TEMA

El profesor abrirá una sesión de discusión, donde los integrantes de cada equipo comentarán cada una de las notas para las diversas secciones mencionadas en la lectura (Actividad 1), así como el análisis y las respuestas a las Actividades 2.

EVALUACIÓN

Se considerará el tipo de información presentada, la síntesis, el análisis y la representación de los muros digitales (Padlet, Jamboard, Canva o Bubbl.us)

PROPUESTA DE RÚBRICA DE EVALUACIÓN

Criterios	Excelente	Bien	Regular	Deficiente
Actividad 1 (Incorporación de notas en los muros colaborativos de Padlet, Jamboard, Canva, Bubble.us u otra aplicación)	El equipo compartió notas en los muros colaborativos de otros equipos, en las que aporta ideas correctas sobre las siguientes 4 secciones:	El equipo compartió notas en los muros colaborativos de otros equipos, en las que aporta ideas correctas sobre 3 de las siguientes secciones:	El equipo compartió notas en los muros colaborativos de otros equipos, en las que aporta ideas correctas sobre 2 de las siguientes secciones:	El equipo compartió alguna nota en el muro colaborativo de algún equipo, en la que aporta ideas correctas sobre una de las siguientes secciones:
Actividad 1 (Preguntas)	Las respuestas compartidas en el muro fueron correctas.	3 de las respuestas compartidas en el muro fueron correctas.	2 de las respuestas compartidas en el muro fueron correctas.	1 de las respuestas compartidas en el muro fueron correctas..
Actividad 2 (Glosario))	Contiene por lo menos 10 a 9 palabras clave para el ciclo del agua de acuerdo al nivel de preparatoria. Los términos son correctos y están correctamente explicados.	Contiene por lo menos 8 a 6 palabras clave para el ciclo del agua de acuerdo al nivel de preparatoria. Los términos son correctos y están medianamente explicados.	Contiene por lo menos 5 a 3 palabras clave para el ciclo del agua de acuerdo al nivel de preparatoria. Los términos son correctos y están regularmente explicados.	Contiene por lo menos 2 a 1 palabras clave para el ciclo del agua de acuerdo al nivel de preparatoria o los términos no son los correctos.

PROPUESTA DE RÚBRICA DE EVALUACIÓN

Criterios	Excelente	Bien	Regular	Deficiente
Actividad 2 (imagen)	Los estudiantes elaboraron la imagen con los datos correctos, completos, y la compartieron en su muro en una sesión grupal.	Los estudiantes elaboraron la imagen con los datos medianamente correctos, completos, y la compartieron en su muro en una sesión grupal	Los estudiantes elaboraron la imagen con los datos incorrectos o incompletos, y la compartieron en su muro en una sesión grupal	Los estudiantes elaboraron la imagen con los datos incorrectos e incompletos, o no la compartieron en su muro en sesión grupal
TOTAL				

GLOSARIO

Combustibles fósiles

Las plantas y otros organismos en descomposición, enterrados bajo capas de sedimentos y rocas, han tardado milenios en convertirse en los depósitos ricos en carbono que ahora llamamos combustibles fósiles. Estos combustibles no renovables, que incluyen el carbón, el petróleo y el gas natural, suministran alrededor del 80 % de la energía mundial. Proporcionan electricidad, calor y transporte, al tiempo que alimentan los procesos de fabricación de una enorme variedad de productos, desde el acero hasta los plásticos.

Cuando los combustibles fósiles se queman, liberan dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero que, a su vez, atrapan el calor en nuestra atmósfera, lo que los convierte en los principales responsables del calentamiento global y del cambio climático.

<https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/explicacion-que-son-combustibles-fosiles>

Actividades antropogénicas

La contaminación antropogénica se refiere básicamente a la profanación o contagio de las capas internas de la naturaleza producto de las diversas actividades humanas que realizan las personas día a día.

Es decir, que este tipo de agentes contaminantes implican una disminución progresiva o el aumento de sustancias líquidas, sólidas o gaseosas, o bien, cualquier forma de energías radioactiva, sónica o calórica, que sea intensa en el medio ambiente, de manera que sea imposible diluirla, descomponerla, almacenarla o reciclarse.

De acuerdo a los últimos reportes presentados por la Organización Mundial de la Salud, alrededor del 92% de la población a nivel mundial, reside en lugares donde la contaminación del aire es bastante elevada, todo esto, producto de los medios de transportes ineficientes, residuos en los hogares y la quema de combustibles; además la existencia de plantas de energía y la industrialización también afectan visiblemente, la pureza del aire, dejando en evidencia que cada vez son más los agentes antropogénicos que cooperan con la contaminación del medio ambiente.

Contaminación Antropogénica: Definición, Origen, Causas, Efectos Y Más. (2019b, agosto 27). Ecología.
<https://decologia.info/medio-ambiente/contaminacion-antropogenica/>

Cambio climático (Calentamiento global o cambio climático global)

El cambio climático se define como un cambio estable y durable en la distribución de los patrones de clima en periodos de tiempo que van desde décadas hasta millones de años. Puede ser un cambio en las condiciones climáticas promedio, o la distribución de eventos en torno a ese promedio. El cambio climático puede estar limitado a una región específica, como puede abarcar toda la superficie terrestre.

El término, cada vez más, se refiere específicamente al cambio climático causado por la actividad humana, a diferencia de aquellos causados por procesos naturales de la Tierra y el Sistema Solar. En este sentido, especialmente en el contexto de la política ambiental, el término «cambio climático» ha llegado a ser sinónimo de «calentamiento global antropogénico» o «cambio climático antrópico», es decir, un aumento de las temperaturas por acción de las actividades humanas.

En las revistas científicas, «calentamiento global» se refiere a aumentos de temperaturas superficiales, mientras que «cambio climático» incluye al calentamiento global y todos los otros aspectos sobre los que influyen el aumento de los gases de efecto invernadero en la atmósfera.

Cambio Climático Global. (2021, 22 julio). Cambio Climático, Calentamiento Global y Efecto Invernadero.
<https://cambioclimaticoglobal.com/>

Ciclos biogeoquímicos

El término Ciclo Biogeoquímico deriva del movimiento cíclico de los elementos que forman los organismos biológicos (bio) y el ambiente geológico (geo) e interviene un cambio químico.

Pero mientras que el flujo de energía en el ecosistema es abierto, puesto que al ser utilizada en el seno de los niveles tróficos para el mantenimiento de las funciones vitales de los seres vivos se degrada y disipa en forma

de calor, no sigue un ciclo y fluye en una sola dirección. El flujo de materia es cerrado ya que los nutrientes se reciclan. La energía solar que permanentemente incide sobre la corteza terrestre, permite mantener el ciclo de dichos nutrientes y el mantenimiento del ecosistema. Por tanto estos ciclos biogeoquímicos son activados directa o indirectamente por la energía que proviene del sol.

ciclos biogeoquimicos-lenntech. (s. f.). <https://www.lenntech.es/ciclos-biogeoquimicos.htm>

Componentes abióticos

Los factores abióticos son la estructura sobre la cual se alzan los ecosistemas. Hay factores abióticos físicos y factores abióticos químicos y no poseen vida, pero caracterizan el territorio y modelan las comunidades presentes, siendo su combinación más o menos favorable para la supervivencia de determinadas especies. A su vez, son perturbados y modificados por los seres vivos.

Márquez, A. (2022, 6 julio). *Factores abióticos: qué son, características y ejemplos.* *ecologiaverde.com.* <https://www.ecologiaverde.com/factores-abioticos-que-son-caracteristicas-y-ejemplos-3090.html>

Componentes bióticos

Los factores o componentes bióticos son todos los organismos vivos: animales, plantas, hongos, bacterias y otros microorganismos (es decir, el conjunto de los Reinos de la Naturaleza), así como las interacciones que guardan entre ellos. El conjunto de estos factores da lugar a lo que conocemos como biocenosis.

Márquez, A. (2021, 1 marzo). *Factores bióticos: qué son, características, clasificación y ejemplos.* *ecologiaverde.com.* <https://www.ecologiaverde.com/factores-bioticos-que-son-caracteristicas-clasificacion-y-ejemplos-3084.html>

Ecosistema

Es el conjunto de especies de un área determinada que interactúan entre ellas y con su ambiente abiótico; mediante procesos como depredación, parasitismo, competencia y simbiosis y al desintegrarse y regresan a ser parte del ciclo de energía y de nutrientes. Las especies del ecosistema, incluyendo bacterias, hongos, plantas y animales dependen unas de otras. Las relaciones entre las especies y su medio,

resultan en el flujo de materia y energía del ecosistema.

Whittaker, R. (2022, 13 agosto). *¿Qué es un ecosistema?* Biodiversidad Mexicana. <https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/quees>

Efecto invernadero

El proceso del efecto invernadero empieza con la luz solar que incide sobre la superficie de la Tierra. Luego, una parte de esta energía es irradiada nuevamente hacia la atmósfera en forma de onda larga. En la atmósfera, los gases como el dióxido de carbono, metano, el vapor de agua y otros, absorben esta energía radiada por la superficie de la Tierra. Como consiguiente, este proceso de absorción que es molecular, vuelve a irradiar esta energía de forma multidireccional y, por lo tanto, esta energía absorbida vuelve a alcanzar la superficie del planeta como energía térmica, es decir, calor.

Efecto Invernadero | CIIFEN. (s. f.). <https://ciifen.org/efecto-invernadero/>

Medio ambiente

El medio ambiente es el conjunto de componentes físicos, químicos, biológicos, de las personas o de la sociedad en su conjunto. Comprende el conjunto de valores naturales, sociales y culturales existentes en un lugar y en un momento determinado, que influyen en la vida del ser humano y en las generaciones futuras. Es decir, no se trata solo del espacio en el que se desarrolla la vida, sino que también comprende a los seres vivos, objetos, agua, suelo, aire y las relaciones entre ellos.

Por lo tanto, el medio ambiente es el área condicionada para la vida de diferentes seres vivos donde se incluyen elementos naturales, sociales, así como también componentes naturales; como lo es el suelo, el agua y el aire ubicados en un lugar y en un momento específico

Medio ambiente: qué es, definición, características, cuidado y carteles. (2022, 21 octubre). Responsabilidad Social Empresarial y Sustentabilidad. <https://responsabilidadsocial.net/medio-ambiente-que-es-definicion-caracteristicas-cuidado-y-carteles/>

Organismos descomponedores

Los seres vivos descomponedores son distintos organismos que tienen como principal función aprovechar la energía y la materia orgánica que hay en los restos de las plantas y animales muertos. Los dos principales tipos de seres vivos descomponedores son los hongos y las bacterias, no obstante, como verás más adelante, existen muchos otros tipos.

Su nombre indica la función que realizan: descomponer. Es decir, cuando un organismo muere, estos seres vivos descomponen la materia orgánica de su cuerpo y la convierten en materia inorgánica, que pasará a la tierra y servirá para que la cadena alimenticia vuelva a surgir. Esto sucede porque liberan en el suelo materia inorgánica que ayudará a crecer plantas y otros organismos. Podríamos decir que los descomponedores son el último eslabón de la cadena alimenticia, a su vez, también son el primer eslabón del ciclo de la vida.

Cardona, A. (2022, 3 febrero). *Cuáles son los seres vivos descomponedores: ejemplos*. *ecologiaverde.com*. <https://www.ecologiaverde.com/cuales-son-los-seres-vivos-descomponedores-ejemplos-1363.html>

PARA SABER MÁS

Mazari, M. (s. f.). El agua como recurso* - *Revista ¿Cómo ves?* - Dirección General de Divulgación de la Ciencia de la UNAM. <https://www.comoves.unam.mx/numeros/articulo/54/el-agua-como-recurso>

Vida, Biodiversidad y Cambio Climático. (s. f.). UNAM. http://www.acervodigital.cab.unam.mx/materiales/biologia/libro_biodiversidad_clima.pdf



SECCIÓN DE MATERIALES DIDÁCTICOS

Acuíferos, nuestra valiosa fuente de agua



70% del agua de los acuíferos, se destina a las ciudades. La sobreexplotación, el mayor problema.

27-04-2020

Por Isabel Pérez, Ciencia UNAM-DGDC



Compartir 27

Me gusta 27



Cuando hablamos de [acuíferos](#), nos referimos al depósito de agua que circula en el subsuelo.

Los acuíferos se forman naturalmente cuando la superficie terrestre absorbe el agua de lluvia. Este proceso de absorción se da porque los terrenos de la superficie terrestre permiten que el agua se introduzca al ser permeables, como la tierra, arena, arcilla.

En nuestro país, por ley, la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) está encargada de la gestión del agua. Como parte de esta actividad, publican los datos del estado de los acuíferos. Estos indican que **alrededor del 70% del agua que se utiliza en las ciudades, proviene de los acuíferos**; es decir, alrededor de 80 millones de habitantes de las zonas urbanas dependen de ellos, refiere [Graciela Herrera Zamarrón](#), investigadora del Instituto de Geofísica de la UNAM.

Igualmente, **40 millones de personas que viven en zonas rurales** y poco más de la tercera parte de la superficie total irrigada respecto al uso agrícola en México, **también depende de los acuíferos**.

“Esto nos indica lo importantes que son los acuíferos en el país, sobre todo en las zonas semidesérticas, en las cuales casi todos los usos están supeditados en su gran mayoría al agua subterránea”, comenta la especialista.

Diversas problemáticas

El territorio mexicano, está dividido en 653 acuíferos de los cuales, **105 están sobreexplotados**, conforme a la definición que utiliza CONAGUA, esto quiere decir que la extracción de agua excede a la recarga en un 10%. Además, presentan problemas de intrusión marina, que es el proceso en el cual el agua del mar fluye hacia el subsuelo continental mezclándose con el agua dulce de los acuíferos y se salinizan. En esta situación se encuentran 18 acuíferos.

Aunado a lo anterior, existen otros problemas ligados con calidad del agua, específicamente el **agua subterránea salobre**. En estos casos, el agua deja de ser dulce, es decir, se va salinizando a consecuencia del uso agrícola de los suelos. Son 32 los acuíferos que se encuentran en estas condiciones.

Pero eso no es todo. **La calidad del agua se ha visto afectada debido al uso de fertilizantes y pesticidas** empleados en la agricultura o contaminantes derivados de desechos industriales, entre otros, refiere Graciela Herrera.

Y es que los problemas del [agua](#) subterránea no son tan visibles, de ahí la trascendencia de mantener un monitoreo de los acuíferos tanto en cantidad como en calidad con el fin de preservar este recurso tan importante.

Ante este panorama, CONAGUA y las autoridades gubernamentales están tomando medidas para mitigar la problemática y tratar de conservar los recursos a largo plazo.

Información incompleta

Actualmente, **existe un desconocimiento del estado real de los acuíferos del país**, pues no se cuenta con la suficiente información por la falta de monitoreos adecuados, lo que deriva en una evaluación parcial de ellos.

La especialista refiere que en los estudios que se elaboran **es necesario incluir a los sectores sociales involucrados en el problema** que, en muchas ocasiones, no quedan satisfechos con las propuestas de soluciones técnicas y de esta manera suelen no aceptarlas, lo que hace que no se puedan implementar.

Herrera Zamarrón precisa que **a nivel internacional cada vez más se está realizando una gestión integral** en la que se toma en cuenta el sistema completo: el subsistema natural (conformada por el sistema acuífero, sus interacciones con el agua superficial y los ecosistemas) y el subsistema social (conformado por los grupos sociales, el sistema político, la economía y el sistema legal).

“Estudiar dicho sistema es complicado, ya **que hay múltiples partes interesadas y tomadores de decisiones con objetivos que compiten entre ellos**. Igualmente, al elaborar análisis del agua subterránea y superficial, nos enfrentamos a un problema, pues con frecuencia contamos con pocos datos y la información y el conocimiento también son limitados. El conocimiento se va generando poco a poco y se tienen que tomar decisiones con incertidumbre”.

Ciclo del agua

Para poner en contexto el tema de los acuíferos es importante hablar del ciclo natural del agua. El agua en la Tierra sigue un movimiento cíclico en el que cambia de estado entre sólido, líquido y gas. Si iniciamos con el agua almacenada en las nubes en estado gaseoso, esta precipita a condensarse, luego parte de ella escurre sobre la superficie de la Tierra; otra parte se infiltra en el suelo y también se almacena en cuerpos de agua superficiales como lagos u océanos, o en cuerpos de agua subterráneos, los acuíferos. Finalmente, para terminar el ciclo, el agua se evapora y forma nubes.

Entonces, los acuíferos se forman naturalmente cuando la superficie terrestre absorbe el agua de lluvia. Una vez absorbida, el agua pasa por capas de roca subterránea que por ser porosas o estar fracturadas permiten su paso, hasta llegar a una zona no permeable en la cual la composición de la roca es más cerrada y por tanto el agua no pasa con tanta facilidad. Es decir, los acuíferos son formaciones geológicas con la capacidad de almacenar y conducir el agua.

En el ciclo natural del agua hay que contemplar la interacción con los seres vivos; tanto el agua superficial como la subterránea tienen interacción con los seres vivos. Por ejemplo, el agua subterránea que se acumula en las rocas puede emerger a la superficie nuevamente formando manantiales de los que dependen ecosistemas diversos.

El agua subterránea puede interactuar de varias maneras con los ecosistemas. Por un lado, el agua que está en el subsuelo y que brota de hacia la superficie, puede interactuar directamente con los ecosistemas o los grupos humanos. Por otro lado, la vegetación y algunos seres vivos dependen del agua del subsuelo que se encuentra cerca de la superficie.

Entonces, cuando los acuíferos se sobreexplotan y los niveles del agua bajan, es posible que los manantiales se sequen, y por lo tanto, los ecosistemas que dependen del agua subterránea se pierdan.

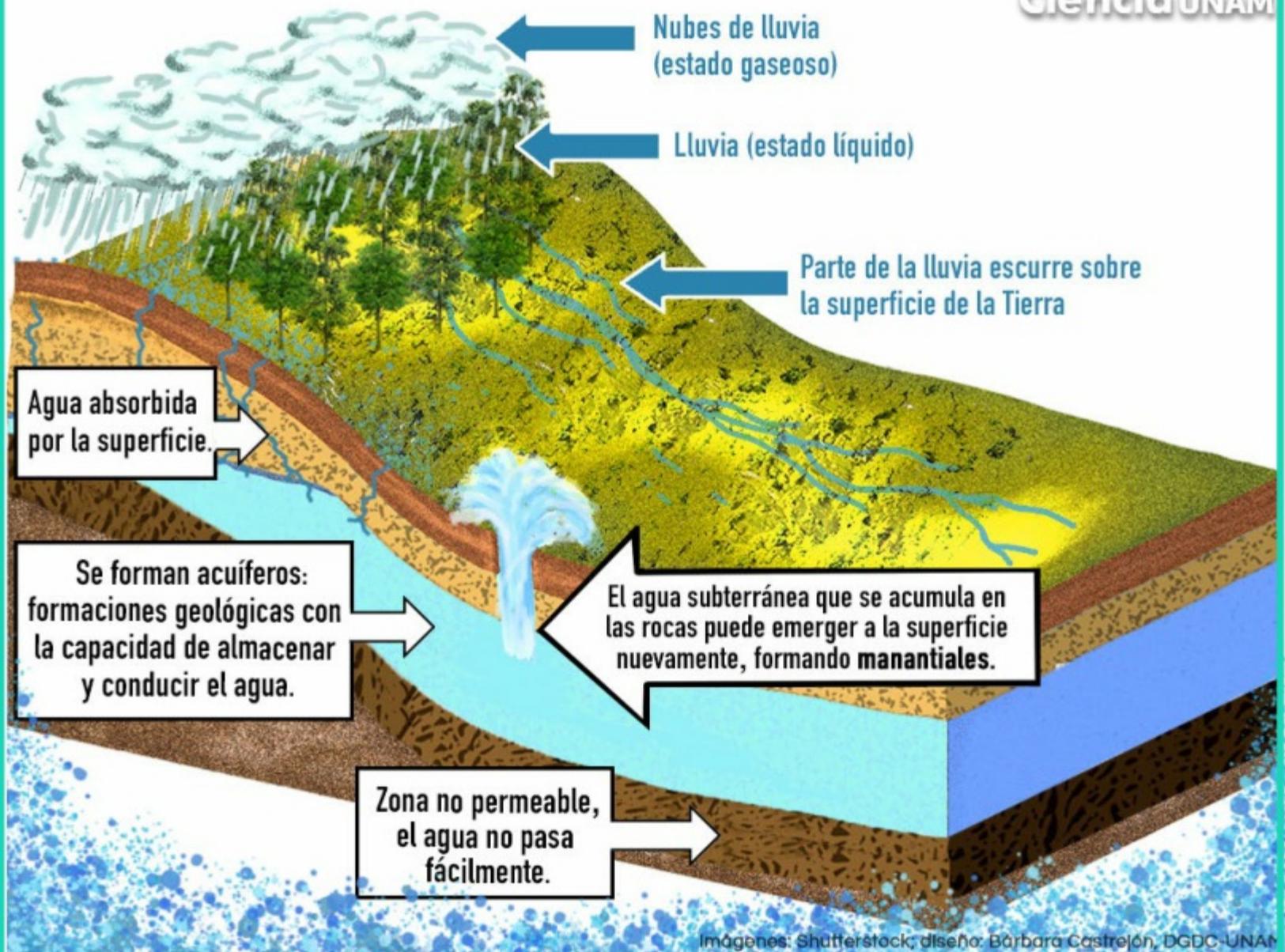
Un ejemplo de ello es [Xochimilco](#), donde sus manantiales se han ido secando por la sobreexplotación de los acuíferos y la biodiversidad ha sufrido una pérdida considerable.

La especialista explicó que un **equipo interdisciplinario de la UNAM conformado por investigadores del Instituto de Geofísica y el Instituto de Geología**, denominado Grupo de Investigación en Gestión Integral del Agua Subterránea, tiene el propósito de contribuir a la solución de problemáticas asociadas al uso y explotación del agua subterránea, y a atender de forma completa su relación con el ambiente, la sociedad y el desarrollo económico.

Este grupo lleva a cabo estudios que integran la geología, flujo subterráneo, investigaciones isotópicas, geofísica, hidrología, hidroquímica, de modelación matemática, entre otros. Algunos ejemplos de las investigaciones que llevan a cabo actualmente son los proyectos de los acuíferos de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, Celaya, Zimapán, de la Cuenca de Apatlaco y de la Cuenca de Cuautla.

Los ciclos biogeoquímicos: CICLO DEL AGUA

cienciaUNAM



ECOLOGY

RECOMENDADO PARA:

PROGRAMA ENP: INICIACIÓN
UNIVERSITARIA III
PROGRAMA CCH: BIOLOGÍA II

SIMBOLOGY



LEARNING OBJECTIVE

The student will learn about Ecology, the importance of organisms and the practical applications.



INSTRUCTIONS

1. Read the Introduction, underline the words you don't understand and use a dictionary to know the meaning of those words.
2. Open a Padlet account (www.padlet.com), Jamboard or other

MATERIALS AND ICT RESOURCES

(Check the section Materials and ICT Resources)

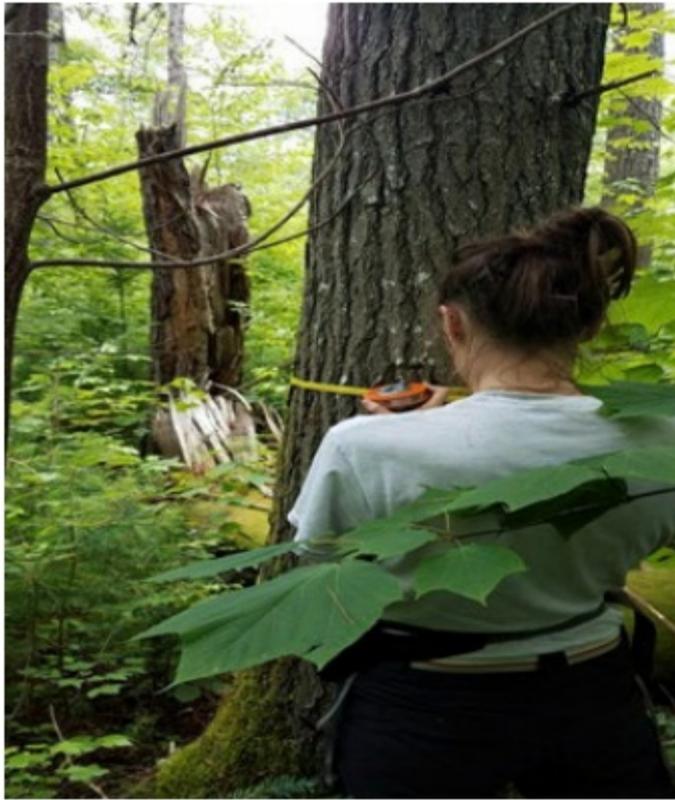
Web resources: **Padlet, Jamboard or other PDF Quiz on Ecological terms**

INTRODUCTION

Ecology is the study of organisms, populations, communities and how they interact in the ecosystems that they form. Ecosystems are made up of organisms and resources that regulate processes that affect both living (biotic) and nonliving (abiotic) components of the planet. Biomass production (food, fuel, fiber, and medicine), climate regulation, global biogeochemical cycles, water filtration, soil formation, erosion control, flood protection, and many other natural features of scientific, historical, economic, or intrinsic value are all examples of ecosystems that sustain life-supporting functions and produce natural capital. The flux of energy and matter through an environment is regulated by ecosystem processes such as primary production, pedogenesis (the formation of soil), nutrient cycling, and various niche construction activities.

Finally, it is important to note that ecology is not synonymous with environment, environmentalism, natural history, or environmental science. It is also different from, though closely related to, the studies of evolutionary biology, genetics, and ethology.

INTRODUCTION



N.P.S. (s. f.). Members of the forest monitoring team measure the diameter of a tree [Photography].
<https://lh3.googleusercontent.com>



N.P.S. (s. f.-a). Ecologist collecting soil temperature and moisture data [Photography].
<https://commons.wikimedia.org/>

Activity 1

1. In Padlet, Jamboard or other, create a digital wall with the name Ecology, Activity 1
2. Choose one of the following topics, find a picture that explains the concept and paste it on the digital wall

Ecology can explain:

- life processes
- interactions, interrelationships, behaviors, and adaptations of organisms
- the movement of materials and energy through living communities
- the successional development of ecosystems
- the abundance and distribution of organisms and biodiversity in the context of the environment

3. Share your digital wall with your teacher



Activity 2

1. Match the terms to the correct definition from the Ecological Terms worksheet
2. Send the responses to your teacher

TO KNOW MORE...

Ecology is a science that matters. (2016, March 11). British Ecological Society. <https://www.britishecologicalsociety.org/about/what-is-ecology/>

McCann, K. S., & Gellner, P. G. (2020). *Theoretical Ecology: Concepts and Applications* (K. S. McCann & G. Gellner, Eds.; 1st ed.). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oso/9780198824282.001.0001>

Materials and ICT Resources

ECOLOGY

1. Match the terms with the correct definition. Put the letter in the box.

<input type="checkbox"/> COMMUNITY	A. The study of the relationship and interaction of living
<input type="checkbox"/> CONSUMER	B- A whole unit that consist of all the living and nonliving things in a given area that interact whth one another
<input type="checkbox"/> DECOMPOSER	C- An organism role in the environment
<input type="checkbox"/> ECOLOGY	D- A diagram that consist of many over-lapping food chain
<input type="checkbox"/> ECOSYSTEM	E- Representation of how energy passes from one organism to the next
<input type="checkbox"/> ENVIRONMENT	F- Organism that break downbodies of dead organism
<input type="checkbox"/> FOOD CHAIN	G- Place where animals live and get the resources it needs to survive
<input type="checkbox"/> FOOD WED	H- Organism that cannot make its own food
<input type="checkbox"/> HABITAT	I- The living part of an ecosystem
<input type="checkbox"/> NICHE	J- All living and non living things whith which an organism may interact
<input type="checkbox"/> SYMBIOSIS	K- Form of symbiosis in which both organism benefits
<input type="checkbox"/> PRODUCER	L- Interaction in whixh organisms struggle with one another to obtain resources
<input type="checkbox"/> MUTUALISM	M- Organism that is able to make their own food
<input type="checkbox"/> COMPETITION	N- Close relationship between two organism

Activities answers

ECOLOGY

ACTIVITY 2. ANSWERS

- **COMMUNITY: I. The living part of an ecosystem.**
- **CONSUMER: H. Organism that cannot make its own food.**
- **DECOMPOSER: F. Organism that break down the bodies of dead organism.**
- **ECOLOGY: A. The study of the relationship and interaction of living.**
- **ECOSYSTEM: B. A whole unit that consists of all the living and nonliving things in a given area that interact with one another.**
- **ENVIRONMENT J. All living and non living thing things with which an organism may interact.**
- **FOOD CHAIN: E. Representation of how energy passes from one organism to the next.**
- **FOOD WEB: D. An organism that consist of many over-lapping food chain.**
- **HABITAT: G. Place where animals live and get the resources it needs to survive.**
- **NICHE: C. An organism's role in the environment.**
- **SYMBIOSIS: N. Close relationship between two organisms.**
- **PRODUCER: M Organism that is able to make their own food.**
- **MUTUALISM: K. Form of symbiosis in which both organisms benefit.**
- **COMPETITION: L. Interaction in which organisms struggle with one another to obtain resources.**

Directorio

Dr. Enrique Graue Wiechers

Rector

Dr. Leonardo Lomelí Vanegas

Secretario General

Dr. William H. Lee Alardín

Coordinador de la Investigación Científica

Dra. Ma. Herlinda Montiel Sánchez

Directora del
Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología

